







12 4 506485
155/3
0.196

ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS

NOVA SERIES

29

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AVDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNE

XIII

1917

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XXVIII)



LUND

C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG

OTTO HARRASSOWITZ

Fysiografiska Sällskapetets Handlingar.

Bd 7—27.

Bd 7. Öfver bestämning af induktionskonstanter med differential-vibrationsgalvanometer, af *G. Granqvist*. *Analecta algologica*, continuatio III, auct. *J. G. Agardh*. Zur Kenntnis des anatomischen Baues des Blattes, von *B. Jönsson*. Studier öfver turbellariar. II, af *D. Bergendal*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1895—96. Lunds Universitets årsberättelse, af Universitets Rektor. — **Bd 8.** Ueber das Auftreten von Lähmungen nach Masern, von *Karl Petré*. Om stenosis och obliteration af aorta vid eller i närheten af ductus Botalli, af *E. Wadstein*. Functionentheoretische Bemerkungen und Sätze, von *T. Brodén*. Basiska eruptiver inom V. Silfbergskälvet i Dalarna, af *M. Weibull*. On the Diplograptidae and Heteropronidae of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnquist*. Revision af lamellibranchiaterne i Nilssons »Petrificata Suecana Formationis Cretaceæ», af *A. Hennig*. Bidrag till kännedomen om larven af *Phalacrocer replicata* (Lin.), af *S. Bengtsson*. Bidrag till kännedomen om Fam. Urceolarina Stein, af *H. Wallengren*. *Analecta algologica*, continuatio IV, auct. *J. G. Agardh*. Ueber die physiologischen Leistungen und die Entwicklung des Grundgewebes des Blattes, von *F. W. C. Areschoug*. Zur Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, von *B. Lidforss*. Contributions à la connaissance des Renonculacées—Cucurbitacées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique, par *S. Murbeck*. Bidrag till kännedomen om de nödvändiga mineralbasernas funktioner i de högre växterna, af *A. Romanus*. Om cyperaceerna, inbjudning till filosofie doktorspromotionen d. 31 maj 1897, af Promotor. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1896—97. — **Bd 9.** Der Fettgehalt der Moose, von *B. Jönsson* und *E. Olin*. Elektrische und magnetische Theorien, von *A. V. Bäcklund*. Några konsekvenser af Webers lag för elektriska massor, tillämpad på materiella punkter, af *C. Delin*. Iakttagelser öfver tillväxtriktningen hos mossorna, af *B. Jönsson*. Grunddragen af en kometteori, af *J. R. Rydberg*. Kullens kristalliniska bergarter. 1. Den prekambrika granitit-, banatit-, hypersthen-gabbroserien, af *A. Hennig*. Contributions à la connaissance des Primulacées-Labiées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1897—98. — **Bd 10.** Researches into the Monograptidae of the Scanian Rastrites beds, by *S. L. Törnquist*. Om egendomliga innehållskroppar hos bromeliaceerna, af *G. Wallin*. Contribution à la connaissance des Plombaginées-Graminées de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, par *S. Murbeck*. *Analecta algologica*, continuatio V, auct. *J. G. Agardh*. Kullens kristalliniska bergarter. 2. Den postsiluriska gångformationen, af *A. Hennig*. Studien über Rheotropismus bei den Keimwurzeln der Pflanzen I. Allgemeine Untersuchungen, von *A. Berg*. Tafeln zur Berechnung der Präcession zweiter Ordnung für 1900,0, von *A. A. Psilander*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1898—99. — **Bd 11.** Contributions à la connaissance des Graminées-Polypodiacees de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie avec un appendice, par *S. Murbeck*. Studier öfver ciliata infusorier, IV, af *H. Wallengren*. Bidrag till kännedomen om botulismens bakteriologi, af *J. Forssman*. Bidrag till den tuberkulösa pleuritens patologiska anatomi, af *E. Wadstein*. Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slagte bland palæonemertinerne, af *D. Bergendal*. Zur Theorie der relativ-Abelschen Zahlkörper, von *A. Wiman*. Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck*. Hülfsstafeln zur Berechnung der säkularen Störungen der kleinen Planeten, von *G. Norén* u. *S. Raab*. Ueber das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie, von *S. Murbeck*. Malaria och Mosquitos, inbjudning till medicine-doktorspromotionen den 31 maj 1900, af Promotor. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1899—1900. — **Bd 12.** Fall af traumatiskt uppkommen ryggmäragsaffektion, af *Karl Petré*. Studier öfver Nemertiner, I. Callinera Bürgeri Bergendal, en representant för ett afvikande slagte bland palæonemertinerne, kapitel 6—11 (Fortsättning), af *D. Bergendal*. Contributions to the astronomical theory of an Ice age, by *C. V. L. Charlier*. Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, af *B. Lidforss*. Researches into the graptolites of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, by *S. L. Törnquist*. Zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung des Thallus bei den Desmarestieen, von *B. Jönsson*. Bidrag till teorien för vågrörelse i strömmar, af *C. W. Oseen*. Utgräfningsarne af Tycho Brahes observatorier på ön Hven sommaren 1901, festskrift i anledning af 300-årsdagen af Tycho Brahes död, af *C. V. L. Charlier*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1900—01. — **Bd 13.** Die ersten Entwicklungsstadien der Keimpflanze bei den Succulenten, von *B. Jönsson*. Über Anomalien im Baue des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung Alchemilla, von *S. Murbeck*. Studien über Nemertinen, II. Valencinura bahusiensis Bgdl, ein Beitrag zur Anatomie und Systematik der Heteronemertinen, von *D. Bergendal*. Termoelektrisk Hysteresis, af *A. Upmark*. Bidrag till Bornholms fossila flora, Pteridofyter, af *Hj. Möller*. Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen, von *B. Jönsson*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1901—02. — **Bd 14.** Der Musculus popliteus und seine Sehne, von *C. M. Fürst*. Studien über Nemertinen, III. Beobachtungen über den Bau von Carinoma Oudemans nebst Beiträgen zur Systematik der Nemertinen, von *D. Bergendal*. Fysikens utveckling till allmän tillståndslära. Inbjudning till filosofie doktorspromotionen den 29 maj 1903, af *J. R. Rydberg*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1902—03. — **Bd 15.** Zur Kenntnis der Histogenese und des Wachstums der Retina, von *C. M. Fürst*. Researches into the graptolites of the lower zones of the Scanian and Vestrogothian Phyllo-Tetragraptus beds, II, by *S. L. Törnquist*. Zur Theorie der mehrdeutigen automorphen Funktionen, von *T. Brodén*. Om det osmotiska trycket, af *A. V. Bäcklund*. Ueber den feineren Bau des Visceralganglions von Anodonta, von *T. Freidenfelt*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1903—04. — **Bd 16.** Om sammanhangen mellan osmotiskt och elektriskt tryck, af *A. V. Bäcklund*. Zur Biologie der Muscheln. I. Die Wasserströmungen, von *H. Wallengren*. Zur Biologie der Muscheln. II. Die Nahrungsaufnahme, von *H. Wallengren*. Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, par *S. Murbeck*. Researches into the theory of probability, by *C. V. L. Charlier*. Studier öfver pollenslangarnes irritationsrörelser, II, af *B. Lidforss*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1904—05. — **Bd 17.** Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie. Deuxième série, (Suite), par *S. Murbeck*. Om den afrikanska recurrensfebern, dess orsaker och utbredningssätt, af *S. Ribbing*. Om de Chasmopskalken och Trinucleusskiffern motsvarande bildningar i Skåne, af *E. Olin*. Om kroppars lösning och därmed närmast förvandta företeelser, af *A. V. Bäcklund*. Die Chininbehandlung der Malaria-krankheiten und ihre Methodik, von *S. Ribbing*. Bidrag till Pteranthernas morfologi, af *S. Murbeck*. Bidrag till kännedomen om ceratopygeregionen, med särskild hänsyn till dess utveckling i Fogelsångstrakten, af *J. Chr. Moberg* och *C. O. Segerberg*. Om några Ginkgoväxter från kolgrufvorna vid Stabbarp i Skåne, af *A. Nathorst*. Ett manganhaltigt vatten och en brunstensbildning vid Björnstorp i Skåne, af *M. Weibull*. Tal vid Kongl. Fysiografiska Sällskapetets i Lund minnesfest den 3 december 1906 öfver dess stiftare Anders Jahan Retzius, af *C. M. Fürst*. Kilian Stobæus d. ä. och hans brevväxling, af *C. M. Fürst*. Om Dirichlets problem vid värmeledningsekvationer, af *C. W. Oseen*. Die wintergrüne Flora, von *B. Lidforss*. Die Vesicarius-Gruppe der Gattung Rumex, von *S. Murbeck*. Fysiografiska Sällskapetets sammanträden 1905—06. — **Bd 18.** Om trypanosoma-sjukdomarna, en orienterande öfersikt, af *S. Ribbing*. Typhus-Statistik aus dem Provinzial-krankenhause zu Lund von den Jahren 1887—1906, von *S. Ribbing*. Studier öfver Nissans hydrografi, af *A. Hennig*. Lösningars magnetiska och optiska karakterer, af *A. V. Bäcklund*. Observations on the genus Rastrites and some allied species

ACTA UNIVERSITATIS LUNDENSIS
NOVA SERIES

LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT

NY FÖLJD

ANDRA AVDELNINGEN

MEDICIN SAMT MATEMATISKA OCH NATURVETENSKAPLIGA ÄMNEN

XIII

1917

(K. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND HANDLINGAR. N. F. XXVIII)



LUND

C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG

LEIPZIG

OTTO HARRASSOWITZ

ASSTAS

LUND 1916—17

HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

ACTA REGLÆ SOCIETATIS PHYSIOGRAPHICÆ
LUNDENSIS

KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS I LUND
HANDLINGAR

NY FÖLJD

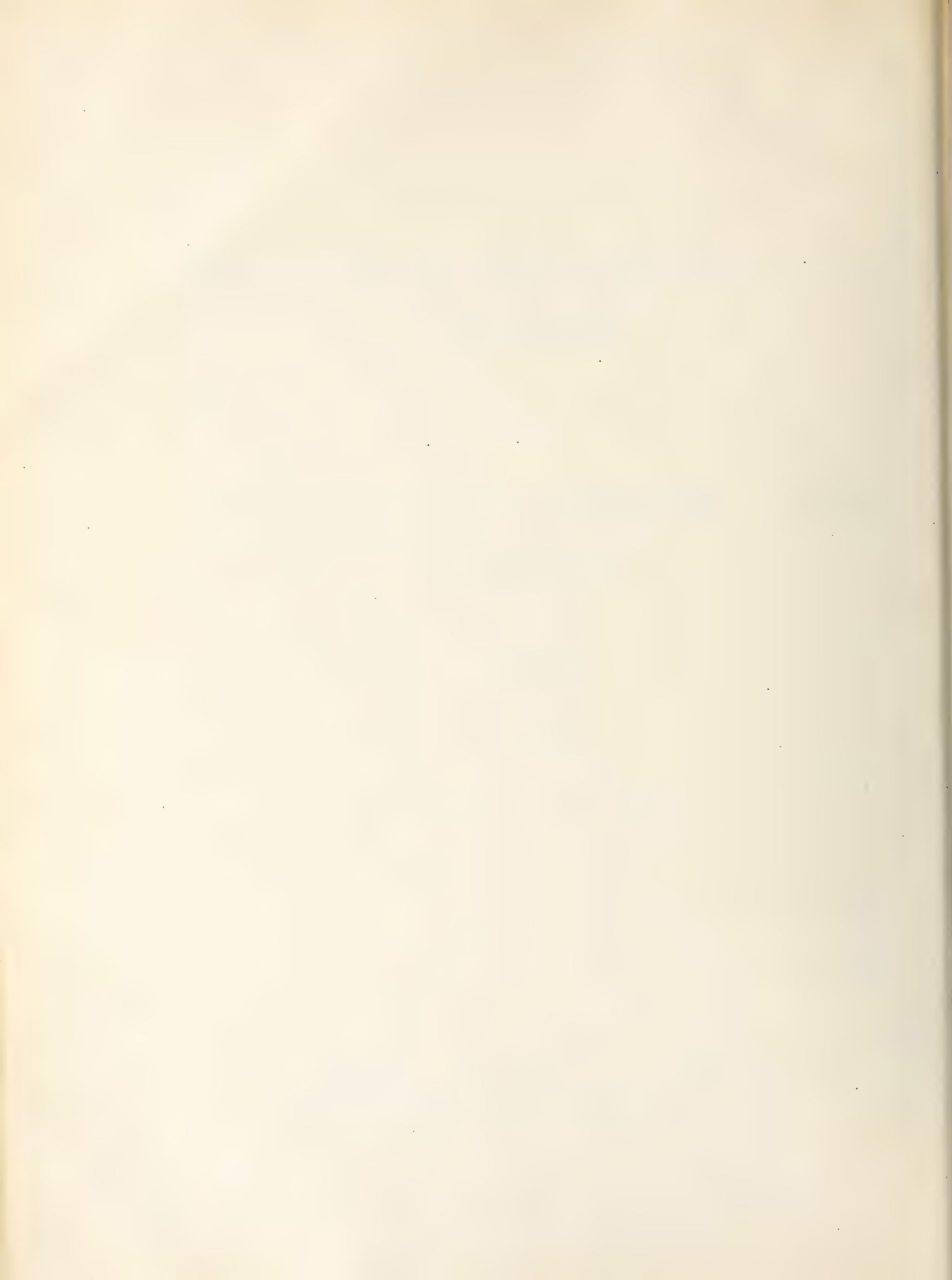
XXVIII

1917

(LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. AVD. 2. BD 13)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ



Innehåll:

1. HADDING, ASSAR, Iakttagelser över melafyrerna i Tolångatrakten. (S. 1—37 m. 6 textfigurer och 4 tavlor samt tysk resumé.)
2. FRÖDIN, JOHN, Studier över skogsgränserna i norra delen av Lule Lappmark. (S. 1—73 m. 3 tavlor och 10 textfigurer samt tysk resumé.)
3. JÖNSSON, AXEL, Über die Rotation des Mondes. (S. 1—50.)
4. BÖÖS, GEORG, Über Parthenogenesis in der Gruppe Aphanes der Gattung Alchemilla nebst einigen im Zusammenhang damit stehenden Fragen. (S. 1—37 m. 17 Figuren im Texte.)
5. CHARLIER, C. V. L., Statistical Mechanics based on the Law of Newton. (P. 1—88 with 8 figures in text.)
6. LUNDEGÅRDH, HENRIK, Die Ursachen der Plagiotropie und die Reizbewegungen der Nebenwurzeln. I. (S. 1—75 m. 13 Textfiguren.)
7. RIBBING, L., Kleinere Muskelstudien. VI. Eine eigentümliche Muskelvariation bei Bufo. — VII. Hat Notoryctes eine Fibulaschaukel? — VIII. Beiträge zur Kenntnis der Muskulatur von Chrysothrix sciurea und Ateles ater. — IX. Der Ursprung des Sesamstücks des inneren Gastrocnemiuskopfes. — X. Eine Muskelvariation bei Chrysothrix. (S. 1—32 m. 5 Textfiguren.)
8. BRODÉN, T., Ist das sogenannte Continuumproblem überhaupt mit endlichen Mitteln lösbar? (S. 1—15.)
9. KURCK, C., Den forntida utbredningen af kärrsköldpaddan, Emys orbicularis (Lin.), i Sverige, Danmark och angränsande länder. (S. 1—129 m. 1 karta, 1 figur och 2 kartor i texten samt tysk resumé.)

-
10. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1916—1917.
-



LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. Avd. 2. Bd 13. Nr 1.
KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 28. Nr 1.

IAKTTAGELSER
ÖVER
MELAFYRERNA I TOLÅNGATRAKTEN

AV

ASSAR HADDING

MED 6 TEXTFIGURER OCH 4 TAVLOR



LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 17 maj 1916.

LUND 1916
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Skånes i gångar och kupper uppträdande ytbergarter, vilka till väsentlig del äro av silurisk eller postsilurisk ålder, hava endast i ringa grad varit föremål för noggrannare undersökningar. Om man fränser de talrika men korta omnämmandena i S. G. U:s kartbladsbeskrivningar, finner man nämnda bergarter endast behandlade i tvenne arbeten, nämligen i TÖRNEBOHMS öfver Sveriges diabas- och gabbrobergarter och EICHSTÄDTS öfver Skånes basalter. Emellertid har man redan länge känt behovet av en mera allsidig undersökning, och anstalter torde även hava vidtagits för att få en dylik till stånd. Önskvärdheten av denna undersökning har även framhållits av de utländska geologer, som beskrivit från Skåne härstammande erratiska block. I själva verket ha blockundersökningarna i nordvästra Tyskland och i Holland i ej ringa grad vidgat vår kännedom om och intresse för de skånska ytbergarterna. En mera detaljerad kännedom om dessa, variationerna i dem och deras geologiska uppträdande kan dock ej vinnas genom blockundersökningar utan endast genom iakttagelser å den fast anstående bergarten. Då jag nu lämnar en redogörelse för några dylika iakttagelser, kan jag endast beklaga, att de på grund av mellankommande omständigheter ej kunnat få den omfattning som varit önskvärd. Tämlichen ingående studier hava visserligen ägnats även bergarten vid Frualid, men då det föreliggande materialet ej synes mig tillräckligt för ett säkert bedömande av denna bergart och dess förhållande till melafyrerna i Tolångatrakten, får redogörelsen för de iakttagelser, som gjorts å densamma, tillsvidare anstå. De här avhandlade bergarterna hava benämnts melafyrer, därför att de till sin ålder synas mig intaga en mellanställning till de äldre paleozoiska diabaserna och de tertiära basalterna. Att de i öfrigt högst väsentligt skilja sig från dessa bergarter torde framgå av den följande beskrivningen.

Tolångatraktens melafyrer.

Historik.

Vid Tolånga kyrka, 5 km öster om Sjöbo och 10 km OSO om Öved, anstår en bergart, vilken 1885 först uppmärksammades av J. C. MOBERG. Då den syntes MOBERG vara av tämligen säregen art, översändes prov av densamma till E. SVEDMARK, vilken underkastade den mikroskopisk granskning. Undersökningen syntes först giva vid handen att bergarten var en basalt¹. Emellertid ändrar SVEDMARK senare uppfattning om densamma och uppger att den utgöres av en kalkdränkt diabas². »Tuffartade bildningar med bollar» omnämnas från samma ställe som diabasen.

Bergarten i Tolånga kyrkbacke beskrives 1904 av TÖRNEBOHM & HENNIG³ som diabastuff. Då beskrivningen är tämligen utförlig och säkerligen baserad på en noggrann undersökning, skall den här anföras:

»I kullens norra och östra sidor har berggrunden blivit någorlunda tillgänglig genom sprängnings- och grävningsarbeten, och där visar det sig, att den utgöres av en vulkanisk tuff med inblandade brottstycken dels av siluriska bergarter, såsom röd sandsten, märelskiffer och mörk kalksten, dels ock av diabas i olika varieteter, men ständigt starkt vittrad, ävensom av en nästan tät, mandelstensartad bergart inneslutande flittror av kvarts och fältspat. Cementet mellan dessa brottstycken utgöres av en gröngrå, oredig, starkt kalkhaltig massa. För bedömande av bergartens geognostiska ställning äro naturligtvis diabasbrottstyckena av särskild betydelse. En del likna starkt vittrad Övedsdiabas, än mer, än mindre mandelstensartad, andra åter hava ett mera främmande utseende och kunna ej direkt sammanliknas med någon av traktens kända diabasarter. Så t. ex. en varietet, som består av en finkornig, fältspat- och magnetitrik diabasmassa, tämligen tätt späckad med ända till 2 à 3 mm stora strökorn av plagioklas, augit och oliviu, allt dock så omvandlat, att — med undantag av magnetiten — ingen frisk ursprunglig mineral-

¹ G. F. F. Bd 8 (1886), sid. 60.

² Ibid. sid. 382.

³ TÖRNEBOHM och HENNIG 1904, Beskrivning till blad 1 & 2 (Sveriges Geolog. Undersökn. Ser. A₁, a) sid. 85.

substans finnes kvar. Olivinpseudomorfoföserna visa ofta skarpa kristallbegränsningar, och deras moderminal har tydligen haft hög järnhalt, ty de äro till en stor del alldeles svartfärgade av magnetitstoff. I fråga om olivinens beskaffenhet sluter sig således denna varietet nära till Övedsdiabasen. I andra varieteter äro olivinpseudomorfoföserna föga magnetithaltiga, och i ännu andra synas sådana pseudomorfoföser helt och hållet saknas.»

TÖRNEBOHM & HENNIG tillägga »att tuffen vid Tolånga närmast sluter sig till Övedsdiabasen och att den följaktligen torde tillhöra dennas eruptionstid». De omnämna även ett par förekomster av basaltliknande Övedsdiabas, vilka här förts till Tolångamelafyrerna, så t. ex. en gång vid Brandstads kyrka och en vid Tolångaån, SW om Tolånga kyrka. Bergarten å förstnämnda ställe har i korthet beskrivits av VAN CALKER¹ tillsammans med skånska fältspatbasalter, dock anmärker han, att den är av väsentligt annan typ än dessa. I beskrivningen heter det: »Zwischen sehr zahlreichen beinahe farblosen, höchstens am Rande schwach violettlich angehauchten, mittelgrossen und kleineren Augiten, die sehr schlecht begrenzt, manchmal zu Bündeln vereinigt, und zum Teil in Calcit umgewandelt sind, und weniger reichlichen, teils frischen, teils grün oder braun serpentinisierten Olivinkristallen, zieht hindurch bräunlich gelbes, stellenweise an feinen langen Nadeln und staubigkörnigen, bräunlichen Devitrifikationen reiches Glas mit viel Plagioklasleisten. Einsprenglingsartig erscheinen einzelne grössere, besser begrenzte Augite und vereinzelte grosse Magnetitkörner.»

De ovan citerade beskrivningarna och omnämnandena torde vara de enda som vi med säkerhet veta syfta på de bergarter, vi här benämnt Tolångamelafyrer. Emellertid är det högst sannolikt, att flera av de som skånska basalter ansedda erratiska blocken i stället härstamma från de melafyrgångar, som i det följande närmare beskrivas.

¹ VAN CALKER, F. J. P., 1905, Mikroskopische Bilder Schonenscher Basalte (Mitt. a. d. Min.-geol. Inst. zu Groningen, I, 1) sid. 197.

Beskrivning.

De bergarter, som här sammanfattas under benämningen Tolångamelafyrer, äro makroskopiskt av mycket växlande utseende. I friskt tillstånd äro de svarta, glänsande, fullkomligt basaltliknande, ofta med tydligt porfyrisk struktur. Vanligen äro de dock mer eller mindre omvandlade (vittrade) och då grå, grågröna, bruna eller gula. Stundom äro de till färgen skiftande, t. ex. mörkgrå med brunaktiga fläckar. De ljusgrå och ljusgula formerna äro de starkast omvandlade och de övergå i en lös, jordig massa. Mandelstensbildning förekommer tämligen allmänt. Mandlarnas mängd och storlek varierar alltid inom en och samma gång. Talrikast framträda mandlarna i de något omvandlade, endast i mindre mängd i de helt friska eller starkt vittrade gångarna.

Även under mikroskopet visar sig bergarten vara av tämligen växlande beskaffenhet ej endast i skilda förekomster utan även inom en och samma gång.

Struktur.

Strukturen är vanligen hypokristallin-porfyrisk med mer eller mindre framträdande strökorn. Grundmassan torde möjligen någon gång vara holokristallin, men i allmänhet innehåller den även glasbasis i växlande mängd. I de omvandlade bergarterna är grundmassan givetvis fri från glas, enär detta övergått i en otydligt dubbelbrytande, kryptokristallin massa. Utom porfyrisk struktur kan möjligen intersertalstruktur någon gång förekomma, däremot synes den hos diabaserna så vanliga ofitiska strukturen helt saknas. Fluidalstruktur har observerats i några slipprov, de flesta härrörande från salbanden.

Mineralogisk sammansättning.

Den mineralogiska sammansättningen är tämligen konstant, även om de olika mineralen uppträda i något växlande mängd. Huvudbeståndsdelarna, plagioklas och augit, finnas ofta i två generationer, vilka i regel äro genom övergångar förenade med varandra. Som bibeståndsdelar förekomma olivin, magnetit, pyrit och apatit; som tillfälliga beståndsdelar hornblende och mera sällan glimmer. Mycket

vanliga äro de sekundärt bildade mineralen kalkspat, serpentin, klorit och hämatit, något mindre vanliga kvarts och kalcedon.

Plagioklasen uppträder såväl som strökorn som i grundmassan. Strökornen äro prismatiska eller stängliga, grundmassans plagioklas än stänglig och idiomorf, än otydligt avgränsad och allotrimorf. Ändytorna äro även hos den idiomorfa formen ofta otydligt utbildade. Polysyntetisk tvillingbildning efter albitlagen är synnerligen utbredd, framför allt i strökornen. Bland dessa förekomma rätt ofta även karlsbadertvillingar samt enstaka tvillingar efter periklinlagen. Tvillinglamellerna växla i antal men äro i allmänhet talrika hos strökornen och fåtaliga hos grundmassans fältspat. Zonar byggnad har ej observerats och inneslutningar äro ytterst sällsynta.

Enär plagioklaslisterna äro alltför små för att kunna utsorteras ur bergarten, har bestämningen av deras karaktär måst utföras direkt i slipprovet. Därvid har huvudsakligen utsläckningssnedheten i olika snitt lagts till grund för bestämningen. Å ytan *M* är utsläckningen omkring -25° , i Karlsbadertvillingar med symmetrisk utsläckning är ω ungefär 69° .¹ Härav framgår att plagioklasen måste karaktäriseras som basisk labrador med sammansättningen $Ab_{35}An_{65}$. Emellertid torde även såväl något surare som mera basiska former finnas.

Den allotrimorfa plagioklasen uppträder ej sällan i anseelig mängd. Tvillingbildningen är föga framträdande, utsläckningen något undulös.

Plagioklasen är alltid melafyrens bäst bevarade mineral. Är bergarten endast föga omvandlad, är plagioklasen fullkomligt frisk, vid fortsatt omvandling övergår den emellertid i kaolin och kalcit, varvid troligen även bildas fri kiselsyra i form av kvarts eller kalcedon. Tvillinglamellerna försvinna men kristallformen förblir vanligen fullt tydlig, särskilt mellan korsande nicoller. Omvandling i hydrargillit förekommer någon gång men synes dock vara tämligen sällsynt.

Augiten uppträder liksom plagioklasen i tvenne generationer, oftast förenade genom en serie övergångsformer. Den är i regel idiomorft utbildad även i grundmassan. Kristallerna äro till formen korta, tämligen isometriska prisma med 8-kantigt horisontellt tvärsnitt och rombiskt eller 6-kantigt vertikalsnitt. Färgen är i reflekterat ljus svart, i genomfallande ljus brun, stundom med en otydlig dragning i violett. Någon gång är kärnan gulgrön, vanligen har den dock samma bruna färg som de yttre delarna fast i regel något ljusare.

Augitens genomgångar äro ofta mycket tydliga, hos strökornen framträda de till och med makroskopiskt i starkt glänsande ytor. I slipproven visa sig genomgångarna efter (110) vara de vanligaste, men ej sällan kan man påträffa dylika parallela med orthopinakoiden (100). Tvillingbildning efter (100) är sällsynt men förekommer dock här och var; hos dessa tvillingar äro tunna lameller någon gång inskjutna mellan de båda huvudindividerna. Även penetrationstvillingar, särskilt efter (101), äro stundom mycket tydliga. Vanliga äro i några av melafyrgångarna

¹ ROSEBUSCH, Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine (4 Aufl.), I. 2, sid. 350.

de hos augiten ofta omnämnda stjärnformiga eller divergentstråliga kristallknippen, vilka stundom tolkats som tvillingbildningar (se tavl. 2 fig. 3). Augitkristallerna i grundmassan äro i några prov hopgyttrade i runda bollar, stundom med en kärna av bergartens vanliga grundmassa. I slipprov te sig dessa som ringar av augitkristaller i den normala grundmassan.

Zonar byggnad är på det hela taget rätt sällsynt hos augiten. Kristallerna äro visserligen ofta något ljusare i kärnan än i de perifera delarna, men de äro vanligen alltigenom ensartade beträffande såväl ljusbrytning som dubbelbrytning och utsläckningssnedhet. Stundom är emellertid zonstrukturen fullt tydlig. Bäst framträder den i zonernas oliktidiga utsläckning. Någon gång är skalet skilt från kärnan, och sprickor eller genomgångar i den senare fortsätta då ej ut i den förra. Sammansättningen torde dock även i detta fall kunna vara densamma i skal och kärna, enär de optiska förhållandena äro ensartade hela kristallen igenom. Då kärnan är grön, visar den stundom tydlig pleokroism (b mörkgrön, $c = a$ ljusgrön). Timglasstruktur har iakttagits i några preparat särskilt tydligt mellan korsande nicoller tack vare den något olika utsläckningssnedheten i »timglaset» och i kristallens övriga delar.

Utsläckningssnedheten ($c:c$) är ungefär 44° — 46° . Utsläckningen är fullständig i alla snitt och följaktligen torde axeldispersionen vara obetydlig. Augiten måste det oaktat tvivelsutan rubriceras som basaltisk, möjligen med en ringa TiO_2 -halt.

Inneslutningar äro rätt vanliga, dels kristallina såsom apatit, pyrit och magnetit, dels bergartsglas i oregelbundet formade håligheter.

Augiten omvandlas i en svagt grön kloritmassa, vilken vid fortsatt omvandling blir starkt bemängd med finkornig kalkspat. Magnetit synes stundom avskiljas, mest som ett fint stoft. Detta är ofta starkt anhopat i kristallens yttre del.

Olivinen uppträder aldrig i större mängd men torde å andra sidan sällan saknas, även om den hos de mera omvandlade formerna stundom kan vara svår att upptäcka. Fullkomligt frisk förekommer den ej i någon av de undersökta gångarna och endast i några få av dem finnes överhuvud någon olivinsubstans kvar. Kristallformen är den för mineralet vanligaste; den bibehålles även vid stark omvandling. Ofta kan man spåra sprickor som med oregelbundet lopp genomsatt olivinen. Utefter dessa sprickor har serpentinbildningen börjat på samma gång som i kristallens perifera delar, och den först bildade serpentinen har oftast bibehållit sig då omvandlingen skridit vidare. Kärnpartiet i olivinen består vanligen av ett kalkspat- eller serpentin-kalkspat-aggregat. Magnetitstoft avskiljes ej alls eller endast i mindre mängd¹, varvid det liksom hos augiten gärna hopar sig i kristallens yttre del.

Vid särskilt stark omvandling kan olivinens kristallform bliva otydlig, och det vill synas som om flera av de ljusgröna serpentin-kalcit-mandlarna i de starkast devittrifierade melafyrerna skulle kunna härledas ifrån olivinkristaller. Några bestämda kristaller eller kristallpseudomorfoser av olivin påträffas ej i dessa starkt

¹ Några undantagsfall finnas och dessa bilda i någon mån övergångsformer mot Öveds-melafyren.

omvandlade bergarter, ehuru deras sammanhang med de här beskrivna olivinmelafyrerna är påtaglig.

Hornblende uppträder endast tillfälligtvis men lokalt stundom i avsevärd mängd t. o. m. helt ersättande augiten. Det är alltid idiomorft¹ utbildat i 4-, 6- eller 8-kantiga prismor med vanligen otydliga ändytor. I snitt mer eller mindre vinkelräta mot vertikalaxeln synas i allmänhet mycket tydliga genomgångar efter prismaytorna, i vertikala snitt äro dessa genomgångar mindre iögonenfallande. Stänglarna visa mycket ofta oregelbundna horisontella sprickor. Tvillingbildning synes helt saknas, ävenså zonar byggnad.

Kristallerna äro starkt pleokroistiska, $c = b$ mörkt brun eller mörkt olivgrön, a svagt gul. Vid stark absorption (parallelt c och b) blir kristallernas yttre del ofta betydligt mörkare än kärnan, vid svagare absorption (parallelt a) synes ingen skillnad mellan kristallens olika delar.

Dubbelbrytningen är svagare än hos vanligt basaltiskt hornblende. För den senare uppgår $\gamma - \alpha$ till 0,072, hos förevarande form endast till 0,025. Närmast synes vår form i berörda hänseende stå barkevikiten ($\gamma - \alpha = 0.021$).

Utsläckningssnedheten är ungefär 16° . Då emellertid vinkeln $c : c$ hos såväl barkevikiten som hos basaltiskt hornblende är tämligen växlande torde den ej kunna läggas till grund för bestämningen. I allmänhet är den dock hos basaltiskt hornblende $< 12^\circ$. Hos de alkalirikare formerna blir emellertid enligt Rosenbusch¹ $c : c$ större och $\gamma - \alpha$ mindre än hos de vanliga basaltiska på samma gång som de förra äro rent bruna, de senare ofta rödbruna i genomfallande ljus. Det vill sålunda synas, som om här omskrivna hornblende skulle tillhöra de förstnämnda, alkalirikare formerna. Utsläckningssnedheten är dock betydligt mindre än hos de egentliga alkaliamfibolerna fränsett glaukophanen, med vilken den dock ej kan förväxlas.

Hornblendet är fullkomligt fritt från interpositioner men förekommer själv inneslutet i plagioklasströkornen och torde sålunda jämte magnetit och apatit tillhöra de äldsta mineralen i bergarten. De större hornblende-kristallerna synas dock vara bildade delvis samtidigt med plagioklasströkornen.

Vid bergartens vittring omvandlas hornblendet i grön, svagt pleokroistisk klorit. Ofta bildas dessutom kalcit i finkorniga aggregat. Kristallformen blir ofta väl bibehållen under omvandlingen, och särskilt lätt igenkänligt förblir mineralet i snitt vinkelräta mot prismaaxeln.

Apatit förekommer sällan i större mängd och endast i små stänglar med tydligt hexagonalt tvärsnitt. Inneslutningar ha ej observerats och torde saknas. Apatiten uppträder såväl i grundmassan som i strökornen och har även iakttagits innesluten i magnetitkorn, varför den torde vara det äldsta av de i bergarten ingående mineralen.

Magnetiten uppträder dels i små korn med mer eller mindre tydlig kristallform dels som mikroliter, de senare endast i glasig grundmassa. Kornen äro antingen enkla eller sammangyttrade; i genomskärning visa de kvadratiskt, rombiskt, lik-

¹ ROSENBUSCH, I, 2, sid. 234.

sidigt triangulärt eller hexagonalt tvärsnitt, och kristallerna torde således ha varit av oktaeder- eller rombdodekaeder-form. Magnetiten uppträder såväl innesluten i strökornen (särskilt i augiten) som i grundmassan.

I vittrad bergart bli magnetitkristallerna mindre tydliga och magnetitstoffet mera utbrett. Vanligen övergår magnetiten i hämatit, vilken dock ej ger bergarten någon röd färg såsom fallet är hos en del andra bergarter t. ex. »Övedsdiabasen» och överhuvud taget inverkar magnetiten och dess omvandlingsprodukt hämatiten ej märkbart på bergartens färg. Endast vid mera genomgripande vittring blir bergarten starkt gulfärgad av nybildad limonit. De omvandlade magnetitkornen bli dock något genomlysande, bruna i kanterna. Små, i genomfallande ljus klart röda eller orangegula hämatitfjäll bildas stundom i mindre mängd.

Som förut nämnts, avskiljes endast obetydligt magnetitstoff vid olivinens omvandling.

Pyrit kan ej sällan makroskopiskt iakttagas i de friskare gångarna. Mineralet uppträder endast i små ljusgula korn oftast med otydlig kristallbegränsning.

Biotit. I några av de undersökta handstyckena förekommer fläckvis en mörk glimmer i små allotrimorfa kristaller eller fjäll. Pleokroism stark, α och β brun, γ svagt gul. Axelvinkeln omkring 0° . Biotiten uppträder endast tillsammans med apatit och magnetitmikroliter i glasmassa. Där denna senare övergår i bergartens normala grundmassa försvinner glimmern samtidigt med augit-plagioklas-magnetitkristallernas uppträdande. Biotiten förekommer således i melafyren på alldeles samma sätt som hornblendet och har liksom detta senare mineral aldrig observerats tillsammans med augit och plagioklas utan endast i tydligt avgränsade glasiga partier inom bergarten. Dessa partier hålla sig ofta märkvärdigt friska, även då bergartens huvudmassa är tämligen starkt omvandlad.

Av *sekundärt bildade* mineral uppträda som förut nämnts kalkspat, klorit och serpentin i stor mängd, mera sparsamt rombisk pyroxen(?) och kalcedon.

I olivinpseudomorfoförmerna finner man ej sällan kärnpartier vilka i vanligt ljus te sig som friska delar av olivinen men mellan korsande nicoller visa sig äga delvis andra optiska egenskaper än detta mineral. Ljusbrytningen är stor, dubbelbrytningen däremot mycket svag. Utsläckningen är symmetrisk, optiska orienteringen densamma som hos olivinen (se textfig. 5). Mineralet är optiskt tvåaxigt med stor axelvinkel; optiska karaktären positiv. Mineralet torde möjligen vara *rombisk pyroxen*.

Kalkspaten förekommer dels insprängd i de omvandlade mineralen dels som mandlar eller i spridda, mera otydligt begränsade fläckar i grundmassan. I allmänhet bildar den finkorniga aggregat och endast i mandlarna förekomma grovkristallina former. Ofta visa kalkspatmandlarna zonstruktur med finkornig ytterzon och mera grovkristallin kärna. Stundom äro de omgivna av en tunn skorpa av grön, otydligt dubbelbrytande, ej pleokroistisk klorit.

Serpentin förekommer tillsammans med kalkspat (och rombisk pyroxen?) som nybildningsprodukt efter olivin. Den är trådig (chrysotil) och till färgen svagt grön liksom kloriten visar däremot betydligt kraftigare dubbelbrytning än denna.

Kalcedonen är ingalunda sällsynt som omvandlingsprodukt i Tolångamelafyrerna, men dess uppträdande är dock rätt anmärkningsvärt. Kalcedonen förekommer endast i mandelbildningarna antingen självständigt eller tillsammans med kalkspat ofta bildande kärna i ett skal av sistnämnda mineral. Kalcedonen är vanligen färglös eller vit; den bildar alltid divergentstråliga aggregat med optiskt negativa stänglar. Dubbelbrytning som kvarts. De olika strålnippena skära varandra på det för mineralet så karaktäristiska sättet.

I en mängd av de föreliggrande slipprouven förekommer ett isotropt mineral, alltid färglöst och rikt på oregelbundna sprickor. Ljusbrytningen är svag, betydligt mindre än hos kanadabalsam; dubbelbrytning har kunnat spårats endast med hjälp av kompensator, rött 1:a ordningen. De partier, som visa en antydan till optisk anomali, äro otydligt avgränsade från mineralets öfriga del och ligga alltid i yttre delen av mineralet. Detta uppträder dels ensamt som fyllnad i oregelbundet formade hål rum i grundmassan, dels tillsammans med kalkspat i mandlarna. I senare fallet visar mineralet idiomorf utbildning och några små kristaller ($1/2$ —1 mm) ha kunnat utprepareras. Flertalet av dessa visa ikositetraederform, vilken även kontrollerats genom vinkelmätning i reflexionsgoniometer. Jämte ikositetraedern synas å kristallerna även små kubytor. Endast å en kristall dominerade kubyterna.

Kemisk sammansättning.

Av Tolångamelafyrerna föreligga hittills inga kemiska analyser. Då det emellertid var av synnerligt stort intresse att lära känna i vad mån dessa bergarter voro besläktade med »Övedsdiabasen» och andra i Skåne uppträdande basiska yteruptiver, uttogos några prov för analyser. Tre dylika hava nu utförts av fil. dr. NAIMA SAHLBOM, Stockholm, nämligen å prov från gången SW om Tolånga kyrka, från gången 700 m NO om kyrkan samt från den östligaste gången i Näsby, Tolånga s:n. Analysresultaten framgå av nedanstående tabeller, i vilka även införts de reducerade och i procent omräknade värdena jämte motsvarande molekylarprocent.

Näsby östra melafyrgång.

| | Analys | Analys reducerad | Mol.-för- hållanden | Mol.- ^o / _o |
|--------------------------------|--------|---------------------|------------------------|-----------------------------------|
| SiO ₂ | 41.26 | 46.98 | 78.30 | 49.93 |
| TiO ₂ | 1.90 | — | — | — |
| Al ₂ O ₃ | 15.69 | 16.75 | 16.42 | 10.47 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.24 | 12.63 | — | — |
| FeO | 6.96 | | 17.54 | 11.19 |
| MnO | 0.15 | | — | — |
| MgO | 5.71 | 6.10 | 15.25 | 9.73 |
| CaO | 11.14 | 11.89 | 21.23 | 13.54 |
| Na ₂ O | 3.52 | 3.76 | 6.06 | 3.86 |
| K ₂ O | 1.77 | 1.89 | 2.01 | 1.28 |
| H ₂ O | 3.65 | — | — | — |
| P ₂ O ₅ | 2.06 | — | — | — |
| S | 0.16 | — | — | — |
| CO ₂ | 0.75 | — | — | — |
| | 99.96 | 100.00 | 156.81 | 100.00 |

Det analyserade provet från Näsby östra melafyrgång var friskt, basaltiskt och fritt från mandlar.

Melafyren 700 m NO Tolånga kyrka.

| | Analys | Analys reducerad | Mol.-för- hållanden | Mol.- ^o / _o |
|--------------------------------|--------|---------------------|------------------------|-----------------------------------|
| SiO ₂ | 39.71 | 43.74 | 72.90 | 45.73 |
| TiO ₂ | 1.55 | | — | — |
| Al ₂ O ₃ | 15.27 | | 16.02 | 10.03 |
| Fe ₃ O ₅ | 5.31 | 11.65 | — | — |
| FeO | 6.11 | | 16.18 | 10.15 |
| MnO | — | | — | — |
| MgO | 7.07 | 7.57 | 18.92 | 11.87 |
| CaO | 15.70 | 16.80 | 30.00 | 18.82 |
| Na ₂ O | 2.13 | 2.28 | 3.68 | 2.30 |
| K ₂ O | 1.51 | 1.62 | 1.72 | 1.08 |
| H ₂ O | 1.63 | — | — | — |
| CO ₂ | 4.08 | — | — | — |
| | 100.07 | 100.00 | 159.42 | 100.00 |

Provet från melafyrgången 700 m nordost om Tolånga kyrka var basaltiskt, svart och glänsande; under mikroskopet visade sig detsamma dock något omvandlat. Mandlar saknades.

Melafyren sydväst om Tolånga kyrka.

| | Analys | Analys reducerad | Mol.-för- hållande | Mol.- ^o / _o |
|--------------------------------|--------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| SiO ₂ | 35.23 | 41.27 | 68.78 | 44.58 |
| TiO ₂ | 2.01 | | — | — |
| Al ₂ O ₃ | 18.50 | 20.78 | 20.37 | 13.21 |
| Fe ₂ O ₃ | 4.31 | 13.67 | — | — |
| FeO | 8.29 | | 18.99 | 12.31 |
| MnO | — | — | — | — |
| MgO | 5.85 | 6.57 | 16.42 | 10.64 |
| CaO | 11.33 | 12.73 | 22.73 | 14.73 |
| Na ₂ O | 2.74 | 3.08 | 4.97 | 3.22 |
| K ₂ O | 1.69 | 1.90 | 2.02 | 1.31 |
| H ₂ O | 5.43 | — | — | — |
| CO ₂ | 4.59 | — | — | — |
| | 99.97 | 100.00 | 154.28 | 100.00 |

Det analyserade provet från melafyren sydväst om Tolånga kyrka var tämligen starkt vittrat, till färgen mörkt grågrönt med brunare partier samt med antydan till mandelbildning. Under mikroskopet visade sig bergarten vara rik på sekundärt bildad kalcit.

För jämförelse av Tolånga-melafyrernas kemiska karaktär med den hos några andra, huvudsakligen skånska ytbergarter lämnas nedanstående tabeller. Som av dessa framgår är SiO₂-halten lägre i Tolånga-melafyrerna än i någon av de andra bergarterna. Närmast följer »Övedsdiabasen», vilken onekligen visar en viss frändskap med de här avhandlade.¹

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|-------|--------|-------|--------------------|--------|-------|--------|-------|
| SiO ₂ | 41.26 | 39.71 | 35.23 | 44.72 | 47.58 | 53.27 | 50.20 | 51.23 |
| TiO ₂ | 1.90 | 1.55 | 2.01 | 1.28 | 2.63 | 2.52 | 1.21 | 1.21 |
| Al ₂ O ₃ | 15.69 | 15.27 | 18.50 | 15.00 | 13.86 | 13.56 | 16.08 | 12.70 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.24 | 5.31 | 4.31 | 5.51 | 5.83 | 5.29 | 9.30 | 4.00 |
| FeO | 6.96 | 6.11 | 8.29 | 5.99 | 8.04 | 7.89 | 3.87 | 10.48 |
| MnO | 0.15 | — | — | 0.31 | 0.24 | 0.21 | 0.54 | |
| MgO | 5.71 | 7.07 | 5.85 | 8.60 | 5.35 | 4.10 | 6.82 | 6.51 |
| CaO | 11.14 | 15.70 | 11.33 | 14.39 ² | 9.63 | 6.54 | 7.85 | 8.40 |
| Na ₂ O | 3.52 | 2.13 | 2.74 | 2.12 | 2.44 | 2.83 | 2.34 | 3.04 |
| K ₂ O | 1.77 | 1.51 | 1.69 | 1.07 | 0.64 | 1.34 | 1.24 | 1.55 |
| H ₂ O | 3.65 | 1.63 | 5.43 | 2.25 | 1.02 | 1.90 | 0.67 | 0.39 |
| P ₂ O ₅ | 2.06 | — | — | 0.98 | 0.27 | 0.38 | — | 0.19 |
| S | 0.16 | — | — | — | — | — | — | — |
| CO ₂ | 0.75 | 4.08 | 4.59 | — | 3.01 | — | — | — |
| | 99.96 | 100.07 | 99.97 | 100.32 | 100.54 | 99.83 | 100.12 | 99.70 |

¹ Att SiO₂-halten i molekylarprocent hos den ostligaste Näsbygången är större än hos »Övedsdiabasen» beror naturligtvis därpå, att procentsiffran hos den förra höjts dels genom bortfallandet av H₂O—CO₂ och S-värdena dels genom den stora P₂O₅-mängdens omräkning i och sammanslagning med SiO₂.

² + BaO = 0.10.

Molekylarprocent.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 49.93 | 45.73 | 44.58 | 49.30 | 55.05 | 60.98 | 55.00 | 55.49 |
| Al ₂ O ₃ | 10.47 | 10.05 | 13.21 | 9.40 | 9.04 | 8.77 | 10.18 | 7.94 |
| FeO | 11.19 | 10.15 | 12.31 | 8.22 | 12.50 | 11.80 | 11.47 | 12.46 |
| MgO | 9.73 | 11.87 | 10.64 | 13.73 | 8.90 | 6.77 | 11.02 | 10.38 |
| CaO | 13.54 | 18.82 | 14.73 | 16.45 | 11.44 | 7.72 | 9.05 | 9.56 |
| Na ₂ O | 3.86 | 2.30 | 3.22 | 2.18 | 2.62 | 3.02 | 2.43 | 3.12 |
| K ₂ O | 1.28 | 1.08 | 1.31 | 0.72 | 0.45 | 0.94 | 0.85 | 1.05 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| n | 7.5 | 6.8 | 7.1 | 6.6 | 8.5 | 7.6 | 7.4 | 7.5 |

1. *Melafyr*, Näsby, Tolånga s:n, östligaste gången. Analys av NAIMA SAHLBOM.
2. » , Tolånga. Gången 700 m. nordost om kyrkan. Analys av NAIMA SAHLBOM.
3. » , Tolånga. Gången sydväst om kyrkan. Analys av NAIMA SAHLBOM.
4. »*Övedsdiabas*», Frualid. Analys av R. MAUSELIUS.
5. *Olivindiabas*, Bollerup. Analys av R. MAUSELIUS.
6. »*Kongadiabas*», Konga klint. Analys av R. MAUSELIUS.
7. »*Kinnediabas*», Kinnekulle. Analys av R. MAUSELIUS.
8. »*Hunnediabas*», Halleberg. Analys av R. MAUSELIUS.

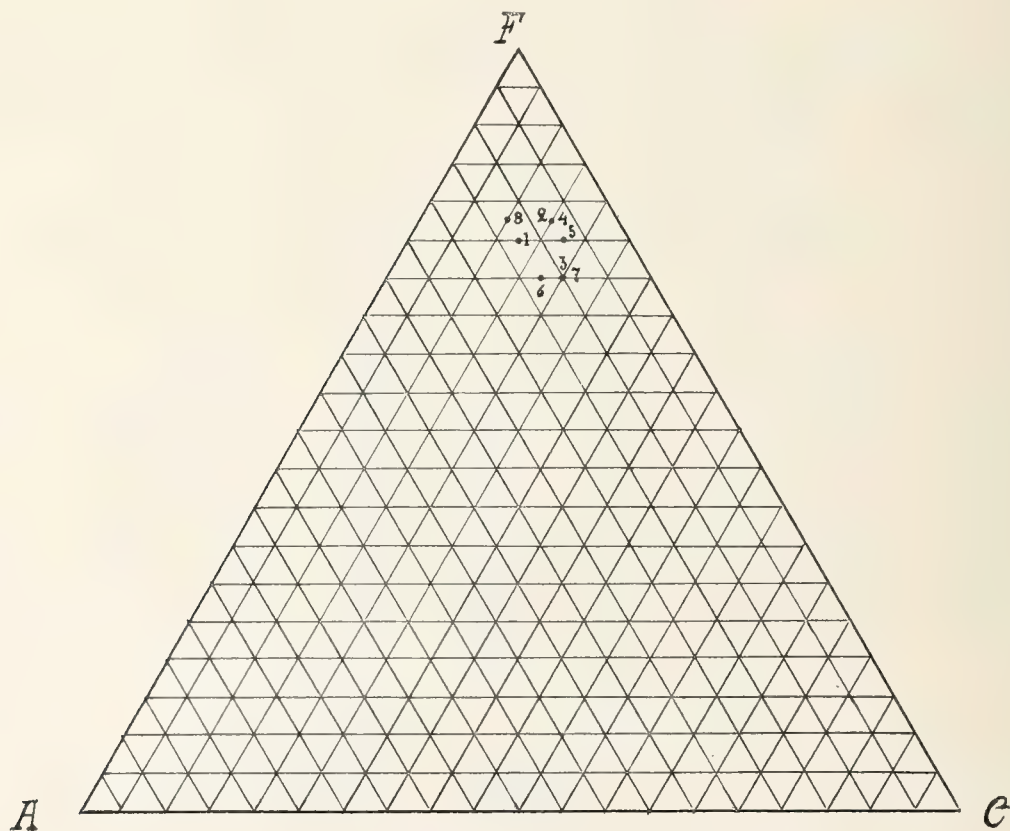


Fig. 1. OsANN-projektion av ovanstående analyser.

Näsby östra melafyrgång.

Omkring 1 km. öster om bron i Näsby, Tolånga socken, finnes vid åns norra sida en melafyrgång blottad på en sträcka av ungefär 25 m. Gången genom-sätter en grå gotlandisk skiffer (sannolikt colonusskiffer), vilken finnes blottad här och var i dalväggen. I melafyren ligga även mer eller mindre omvandlade skif-ferstycken inbäddade. Gångens riktning är N 50° W.

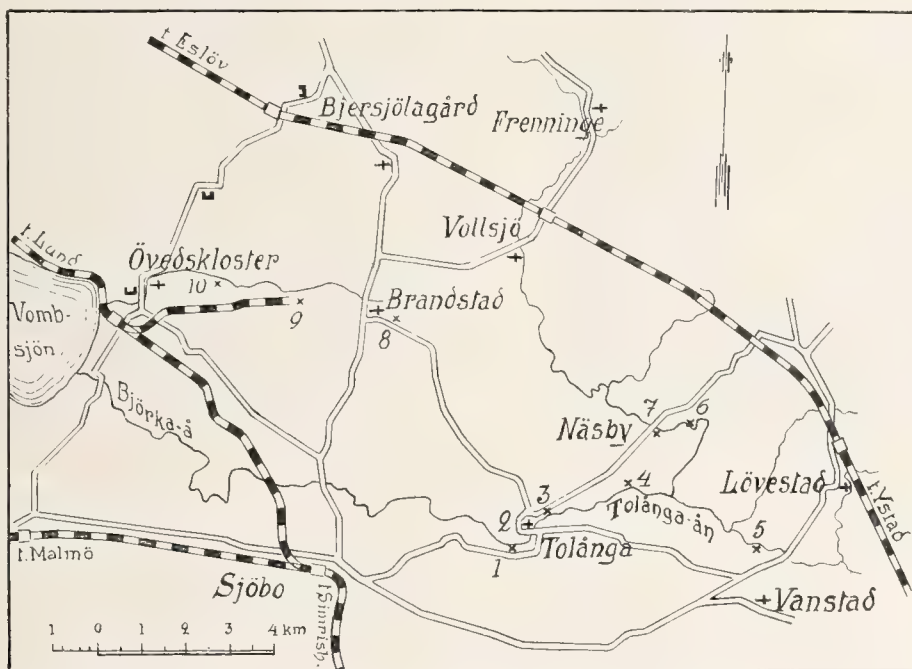


Fig. 2. Kartutkast visande utbredningen av Tolånga-melafyrerna. 1. Tolånga södra melafyrgång. 2. Tolånga kyrkbacke. 3. Tolånga nordöstra melafyrgångar. 4. Gången 2,2 km. öster om Tolånga kyrka. 5. Gångarna norr om Vanstad. 6. Näsby östra gång. 7. Näsby västra gång. 8. Gången mellan Brandstad och Klamby. 9. Helvetesgraven. 10. Fruålid.

Bergartens allmänna utseende är tämligen växlande inom skilda delar av gången, beroende dels på olika stelningsförhållanden dels på olika grad av vittring. Den friska bergarten är i gångens centralare delar rent basaltisk, svart och tämligen tät med svarta glänsande strökorn samt få eller inga mandlar. Närmare kontakten är bergarten tätare och rikare på mandlar. Vid vittring blir bergarten först grå med bibehållen glans, därefter mera grågrön och glanslös. Strökornen kunna i senare fallet ej längre makroskopiskt skiljas från grundmassan och berg-

arten blir starkt späckad av små vita korn (kalkspataggregat). Vid fortsatt omvandling försvinna även dessa och bergarten blir till utseendet homogen.

Avsöndringsformen är otydlig men torde snarast vara tavelformig. Någon som helst antydning till klotformig avsöndring har i varje fall ej kunnat upptäckas.

Under mikroskopet visar sig bergarten vara hypokristallin-porfyrisk med strökorn av augit och (i mindre mängd) plagioklas samt en grundmassa av augit, plagioklas, magnetit, apatit och glasbasis.

Huvudmassan av den omvandlade bergarten är mörkt gröngrå med talrika små vita korn (av kalkspat) samt enstaka stora, svarta, tämligen friska augitkristaller och klart röda hämatitaggregat. Under mikroskopet visar sig bergarten bestå av en grå, grumlig massa av omvandlat glas med sekundärt magnetit- (och hämatit-) stoft jämte friska fältspatlistor, apatitstänglar och magnetitkristaller. Grundmassans augit är helt omvandlad i grön klorit med något magnetitstoft och strökornen visa endast i kärnan friska partier. Kristallbegränsningen är ofta utsuddad och svår att iakttaga särskilt mellan korsande nicoller. Kalkspat uppträder i stor mängd i grundmassan såväl som i strökornen och dessutom ej sällan i form av mandlar.

Plagioklasen uppträder sparsamt både som strökorn och i grundmassan, i båda fallen mest utbildad i smala, prismatiska kristaller med längdriktningen parallel med kanten $P:M$. Någon bestämd skillnad mellan plagioklasströkornen och grundmassans plagioklas finnes ej varken beträffande deras utbildning eller storlek.¹ Längden växlar mellan 0.7 mm hos de största strökornen och 0.07 eller mindre i grundmassan. Bredden utgör i allmänhet ungefär $1/10$ av längden. I tvärgenomskärning äro prismorna fyrkantiga, nästan kvadratiske. Ändytorna äro sällan goda; vanligen äro kristallerna ojämna eller splittriga i båda ändar. Genomgångarna äro parallela med kristallernas längdriktning. Stundom äro de mycket tydliga fast aldrig starkt framträdande. Alla kristallerna synas vara tvillingar efter albitlagen med talrika, ofta utkilande lameller hos strökornen och få, vanligen endast två, lameller hos grundmassans fältspat. Även Karlsbadertvillingar förekomma ehuru sparsamt, tvillingar efter periklinlagen hava däremot endast i ett par fall iakttagits.

För utrönande av plagioklasens karaktär har utsläckningssnedheten bestämts: 1) å ytan $M(010)$, 2) i zonen $P:M$, 3) i Karlsbadertvillingar och 4) i en del godtyckligt valda kristallsnitt för utrönande av den sannolikaste utsläckningssnedheten.

1) Enär som förut nämnts samtliga i melafyren förekommande plagioklas-kristaller äro tvillingar efter albitlagen, skola tvillinglameller synas i alla snitt utom de som äro parallela med ytan (010) . För bestämning av utsläckningssnedheten å sistnämnda yta valdes därför snitt utan spår av tvillingbildning. Utsläckningssnedheten uppmättes å ett flertal dylika kristallsnitt till -23° och -24° . Dessa värden motsvara sammansättningen $Ab_{39} An_{61}$ och $Ab_{37} An_{63}$.

2) Zonen $P:M$ igenkännes på de ofta synnerligen fina linjer som ange genomgångarna och som i denna zon löpa parallelt med kristallens längdriktning.

¹ Även allotrimorf, otydligt avgränsad fältspat, förekommer i grundmassan, stundom i avsevärd mängd.

Utsläckningssnedheten växlar i denna zon mellan 0° och 44° . Detta senare maximumvärde motsvarar ungefär sammansättningen $Ab_{34}An_{66}$.

3) Den symmetriska utsläckningen i Karlsbadertvillingar observeras lätt, men då de föreliggande proven ej visa några typiska tvillingar av denna typ, har bestämning av utsläckningssnedheten i detta fall blivit mindre tillförlitlig. I ett par fall har antecknats $\omega = 69^\circ$ motsvarande sammansättningen $Ab_{30}An_{70}$.¹

4) Medelvärdena av utsläckningssnedheten i ett antal albitlameller ha befunnits vara 27° och 40° . Jämförd med den av ROSENBUSCH för olika plagioklaser anförda sannolika utsläckningen motsvarar denna form ungefär sammansättningen $Ab_{30}An_{70}$.²

Om vi jämföra resultaten av dessa undersökningar över ursläckningssnedheten, finna vi att de alla visa att föreliggande plagioklas utgöres av basisk labrador med

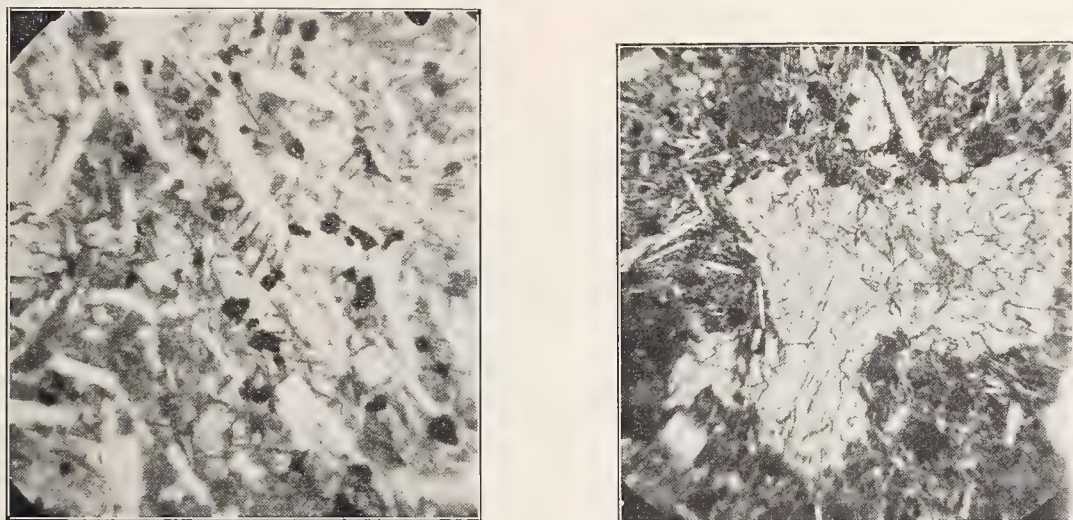


Fig. 3. a. Melafyr rik på allotrimorf plagioklas. Näsby östra gång. Först. 32 ggr.
b. Kalkspatmandel med skalenoeedrisk kristaller inskjutande i den kristallina kärnan.

sammansättningen $Ab_{40}An_{60} - Ab_{30}An_{70}$. Det senare värdet torde snarast vara det riktigare såvida vi ej föredraga medelvärdet $Ab_{35}An_{65}$.

Fältspaten omvandlas i ett kryptokristallint aggregat, i vilket kalkspat torde ingå i ej ringa mängd. I allmänhet är dock plagioklasen frisk även i de delar av bergarten i vilka augiten är helt omvandlad.

Augiten är basaltisk och uppträder som förut nämnts i två generationer. Strö-kornen äro sällan 1 mm långa och man förbiser dem därför lätt vid en makroskopisk undersökning av bergarten. Under mikroskop framträda de däremot mycket tydligt. De äro utbildade som korta 8-kantiga prismor begränsade av ytorna (100), (110) och (010) samt avslutade av negativa pyramiden (111). Genomgångarna efter (110) äro ofta väl synliga. Tvillingbildning förekommer endast sparsamt. Vanligast äro tvillingar efter (100). Mycket ofta äro flera augitkristaller sammanvuxna antingen i den regelbundna, »knäuelartige» form, vilken tolkats som tvillingbildning,

¹ ROSENBUSCH, I. 2, sid. 351.

² Ibid, sid. 362.

eller i mera oregelbundna aggregat. I slipproven te sig dessa senare stundom som ringar och torde möjligen i bergarten haft formen av små klot, helt slutna eller ofullständiga och fyllda med melafyrens grundmassa (tavl. 2, fig. 4).

Augiten saknar i allmänhet zonar struktur. Emellertid finnas i de flesta av slipproven från här omskrivna melafyrgång några augitkristaller med grönaktig kärna i ljusbrunt skal och andra kristaller med två eller flera zoner visande olika utsläckningssnedhet.

I reflekterat ljus är augiten svart, i genomfallande ljus brun, någon gång som nämnts med grönaktig kärna. Denna senare är svagt pleokroistisk: *b* grön, *a* och *c* gulgrön. Utsläckningssnedheten är omkring 45° .

Inneslutningar av magnetit äro vanliga; sådana av apatit och glasmassa sällsyntare. Endast i ett par fall ha kristallografiskt ordnade inneslutningar kunnat iakttagas.

Augiten omvandlas i grön, svagt dubbelbrytande, icke pleokroistisk klorit, jämte kalkspat. Omvandlingen börjar i regel i kristallens perifera delar, men stundom finner man klorit och kalkspat i kärnan av en i övrigt frisk augitkristall. Kristallformen kan stundom vara ganska tydlig även sedan mineralet blivit helt omvandlat, men lika ofta blir den otydlig och svår att urskilja, särskilt mellan korsande kristaller.

Apatiten uppträder dels i tydliga prismatiska kristaller med hexagonalt tvärsnitt dels ock i nålformiga mikroliter. Kristallerna visa i längdsnitt genomgångar efter basis. Apatiten förekommer dels i grundmassan dels innesluten i strökornen.

Magnetiten förekommer mest i små kristaller ofta oregelbundet hopgyttrade. Den intager en ej obetydlig del av bergartens grundmassa och uppträder även i mindre mängd innesluten i augitströkornen. Enstaka större korn äro starkt rundade, sannolikt på grund av magmatisk resorption.

Biotit uppträder endast i några tydligt avgränsade partier bestående av omvandlat glas med talrika magnetitmikroliter samt mandlar av kalkspat. Den är utbildad i små, otydligt sexsidiga tavlor av rödbrun färg. I tvärgenomskärning te sig dessa som fina stänglar (0.05—0.10 mm långa och 0.01—0.02 mm breda), starkt pleokroistiska med största absorptionen parallelt med längdriktningen (*c* svagt gul, *a* = *b* rödbrun). Stänglarna äro optiskt positiva samt tämligen starkt dubbelbrytande. Genomgångarna äro tydliga hos alla bredare stänglar. I snitt parallela med genomgångarna visar denna glimmer i konvergent ljus en axelbild med optiskt negativ karaktär. Axelvinkeln är synnerligen liten. — Biotiten har aldrig observerats i den normalt utbildade bergarten.

Kalkspat kan iakttagas i en även under mikroskopet tillsynes frisk bergart. Den uppträder då mest som mandlar i tydligt korniga aggregat. Vid mera framträdande omvandling av bergarten finner man kalcit snart sagt överallt i densamma, mest i kryptokristallina aggregat. Någon gång påträffas tydliga kristaller av romboeder eller skalenoederform, omslutna av kornig kalcit (se textfig. 3). — I de bruna, glasiga, glimmerförande partierna finnas nästan alltid små runda mandlar av kalkspat och ett isotropt, ofärgat, svagt ljusbrytande mineral (se textfig. 4).

Kloriten utgör tillika med kalkspaten huvudmassan av de genom bergartens omvandling bildade mineralen. Till färgen är den svagt grön, stundom otydligt pleokroistisk. Utbildningen trådig med optiskt positiva fibrer. Dubbelbrytningen är liksom ljusbrytningen svag. Kloriten bildar ofta vackra pseudomorfoser särskilt efter augiten, men dessa bli efter starkare omvandling av bergarten knappast urskiljbara. Deras ytterkonturer försvagas och upplösas, och kloriten blir liksom den omvandlade glasmassan späckad med kalkitkorn och grumlig av magnetitstoff.

Serpentin förekommer endast som omvandlingsprodukt efter olivinen. Den är svagt gulgrön, icke pleokroistisk. Dess dubbelbrytning är starkare än plagioklasens. Utbildningen är trådig, fibrerna äro optiskt positiva och visa rak utsläckning. Serpentinerna förekommer ofta tillsammans med kalkspat, mera sällan tillsammans med kalcedon. Den kan även helt undanträngas av förstnämnda mineral, varvid de sista spåren av såväl olivinens karaktäristiska form som dess typiska oregelbundna sprickor försvinna.



Fig. 4. Mandlar av kalkit (skuggat) och isotropt mineral (oskuggat).

Kalcedon har endast i ett par fall iakttagits i melafyrgången 1 km öster om Näsby. Den uppträder sekretionsartad inuti en på kalkspat rik serpentinpseudomorfo efter olivin. Kalcedonen är ofärgad med något rökfärgade band; den bildar flera koncentriska, radialstråligena lag av korta, optiskt negativa stänglar med ungefär kvartsens dubbelbrytning.

Tillsammans med kalkspaten förekommer som ovan nämnts ett *isotropt mineral* i de små runda mandlarna, som nästan alltid förefinnas i de bruna, glasiga partierna. Mineralen visar aldrig spår av dubbelbrytning. Oftast är det allotriomorft utbildat gentemot kalkspaten, men visar i enstaka fall kristaller med 8-kantigt tvärsnitt. Genomgångar saknas, men oregelbundna sprickor äro vanliga; stundom äro dessa fyllda av ett mineral med måttligt stark dubbelbrytning.

Rombisk pyroxen? I melafyren 1 km öster om Näsby bro uppträder sparsamt ett ofärgat mineral, vars karaktär ej kunnat till fullo bestämmas. Mineralen bildar kärnan i olivinpseudomorfoser. Formen hos dessa är ej alltid tydlig i slipproven. De flesta tvärsnitten äro till formen romber, ofta avstympade vid de spetsiga, mera sällan vid de trubbiga hörnen. (Se textfig. 5). Få och föga framträdande genomgångar parallella med den kortare diagonalen hava stundom iakttagits, vanligen synas dock endast oregelbundna sprickor. Mineralen är tämligen starkt ljusbrytande men

visar endast svag dubbelbrytning, svagare än plagioklasens. Det är optiskt tvåaxigt med rak utsläckning. Axelplanet är parallelt med genomgångsyterna. Optiska karaktären positiv; axelvinkel stor.

Mineralet, som möjligen torde vara en rombisk pyroxen, kan på grund av sin förekomst i olivin-pseudomorfoserna förväxlas med friska partier av det primära

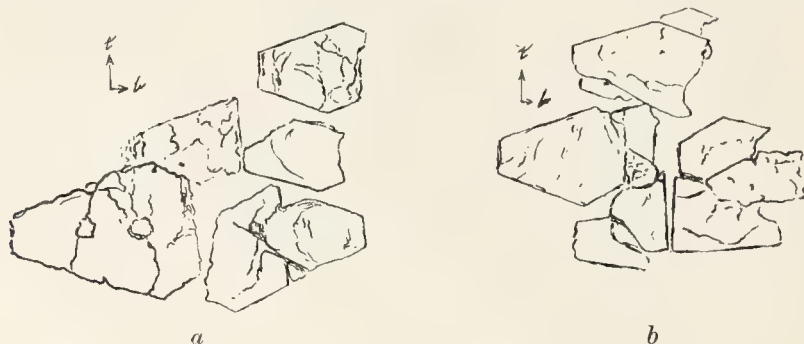


Fig. 5. a) Olivinkristaller i nefelinbasalt från Bosjökloster. b) Olivinpseudomorfoser med kärna av rombisk pyroxen(?). Pseudomorfoserna visa samma form och optiska orientering som olivinen i fig. a. Melafyren i Näsby östra gång.

mineralet, från vilket senare det dock skiljer sig bland annat genom sin betydligt svagare dubbelbrytning. En förväxling med optiskt anomal apatit vore ej heller otänkbar, därest ej de båda mineralens uppträdande vore så helt olika.

Med hänsyn till färg och övriga optiska förhållanden överensstämmer mineralet mest med enstatiten, och utan tvivel består den liksom denna av i det närmaste rent magnesiumsilikat. Det förekommer nämligen endast i olivinpseudomorfoser tillsammans med serpentin och talk. Denna senare är ofärgad eller vit,

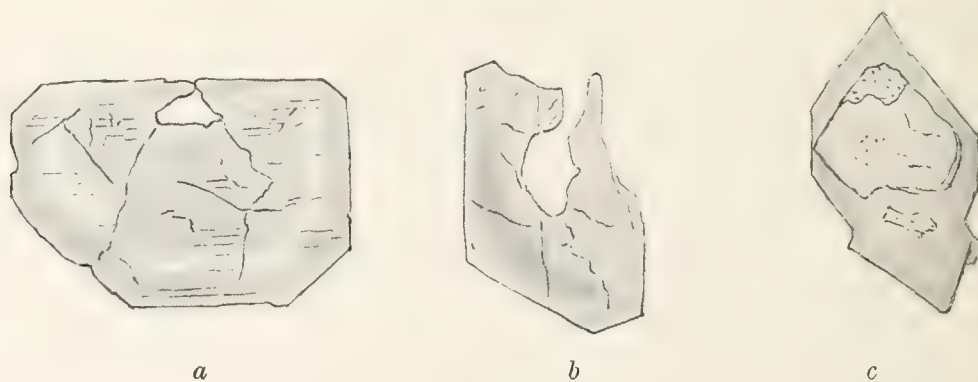


Fig. 6. a och b. *Augitkristaller* visande zonar byggnad och korrosionsfenomen. c. *Olivin* omvandlad i serpentin och kalcit (kärnpartierna).

sällan svagt grön; utbildningen är bladig. Ljusbrytning medelmåttig, dubbelbrytning stark ($>$ augitens). Optiska karaktären är negativ. De trådiga tvärsnitten äro alltid optiskt positiva, alltså $a = c$.

Glasmassan är till färgen ljusbrun, rökfärgad, mera sällan ofärgad eller mörkbrun. Den förekommer nästan alltid så rikligt att även grundmassans augit- och plagioklaskristaller kunnat fritt utbildas. I stor mängd uppträda mikrolitiska

apatit- och plagioklasstänglar samt troligen ock augitnålar. Glaset påträffas friskt endast i gångens centrala del och är eljest omvandlat i ett otydligt kristallint aggregat, grått och grumligt av utfällt magnetitstoft. De i denna omvandlade grundmassa ingående augitkristallerna framträda endast som mörkare grågröna korn utan skarp begränsning. Plagioklaslisterna och apatitstänglarna äro däremot oförändrade ävenså grundmassans allotrimorfa fältspat.

Främmande inneslutningar. Som främmande inneslutningar uppträda brottstycken av den genomsatta gotlandiska lerskiffern. Dessa stycken äro hornfelsartade, till färgen grå, ofta med en dragning i rött. Under mikroskopet visa de sig som en grå, grumlig massa med flockar av kryptokristallin kalcit och enstaka små kvarts-korn. Melafyren är i det på inneslutningar rika salbandet mycket finkornig och saknar strökorn. Augiten är starkt tillbakaträngd; vid kontakten består bergarten helt af plagioklas och magnetit jämte apatit och glasbasis.

Som främmande inneslutningar torde möjligen även de förut omnämnda bruna glasbollarna böra betraktas. De äro vanligen tydligt avgränsade från den egentliga melafyrens grundmassa men kunna dock stundom vara liksom upplösta eller inknådade i denna. De bestå av en mörkbrun, vanligen omvandlad glasmasa med talrika mikroliter och små plagioklaslister samt enstaka augitkristaller. Därjämte uppträder i dem även biotit, stundom synnerligen rikligt.

Näsby mellersta melarfyrgång.

Omkring 400 m öster om bron i Näsby framsticker vid södra sidan av ådalen melafyr i en mindre skärning i grå, gotlandisk märelskiffer. Melafyren är till större delen starkt omvandlad, men även relativt friska partier ha påträffats. Dessa senare äro svarta, basaltiska med makroskopiskt iakttagbara, glänsande, svarta augitströkorn. Den omvandlade bergarten är till färgen grå, ofta med väl synliga, vita, ljusgrå eller grönaktiga strökornspseudomorfofer. Mandlar förekomma tämligen talrikt men äro så små, att de knappast observeras med blotta ögat.

Under mikroskopet visar sig bergarten bestå av augit, plagioklas och olivin jämte magnetit, apatit och glasbasis. Mera tillfälligtvis uppträda hornblende och kromit. Som omvandlingsprodukter uppträda städse serpentin, klorit och kalcit jämte magnetit och något hämatit.

Strukturen är hypokristallin-porfyrisk, mest riktningslös men stundom fluidartad.

De i bergarten ingående mineralen ha i stort sett samma utbildning som i den förut beskrivna melarfyrgången. Några olikheter förefinnas dock och skola i korthet omnämnas.

Augiten uppträder i tvenne generationer; den intratelluriska utgöres av tämligen stora, ända till 5 mm långa kristaller med tydliga genomgångar efter prismaytorna; varken zonstruktur eller tvillingbildning ha observerats. Den effusiva augitgenerationen består av små (0,02—0,05 mm långa) kortprismatiska kristaller. Över-

gångar mellan de båda generationerna synas helt saknas, vilket givetvis tyder på en relativt hastig stelning. Gången är också betydligt mindre än den förut beskrivna, i vilken som nämnts de båda augitgenerationerna ej kunde med säkerhet skiljas från varandra. Vid bergartens vittring omvandlas augiten i pleokroistisk (gröngul) klorit och finkornig kalcit.

Plagioklasen uppträder dels som stängliga, väl utbildade kristaller dels som allotrimorf fyllnad i grundmassan, den senare starkt späckad med apatit- och augitnålar. Den idiomorfa plagioklasen är säkerligen delvis intratellurisk; kristallerna äro av växlande storlek men få dock aldrig karaktären av strökorn. I optiskt hänseende visar denna plagioklas samma egenskaper som plagioklasen i den förut beskrivna gången och bör således betraktas som basisk labrador.

Den effusiva, allotrimorfa plagioklasen intar en icke oväsentlig del av grundmassan och synes stundom nästan helt ersätta bergartens glasbasis.

Olivin förekommer sparsamt i tämligen stora, väl utbildade men alltid fullständigt omvandlade kristaller. Bland omvandlingsprodukterna märkas främst grön serpentin och kalcit. Det senare mineralet är kryptokristallint eller finkornigt, stundom färglöst men lika ofta grått eller brunrött av magnetit- eller hämatitstoff. I enstaka olivinpseudomorfoser finnes utskild magnetit hopad i större mängd i kristallens perifera delar, vanligen är dock magnetitmängden obetydlig eller omärkbar.

Grundmassan visar aldrig friskt glas, och dylikt torde ej ha förekommit i större mängd. De obetydliga, grumliga, grå-grön-bruna partier, som uppträda spridda i hela bergarten äro dock utan tvivel omvandlat glas. Till dessa sluta sig här och var smärre anhopningar av sekundära mineral såsom klorit och kalcit, stundom bildande tydliga mandlar. Yttre delen av dessa består nästan alltid av grön, otydligt dubbelbrytande klorit, kärnan däremot vanligen av relativt grovkristallin kalcit. Någon gång utgöres emellertid även kärnan av klorit, vilken dock skiljer sig från den i skalet, dels genom sin svagare färg, ljusgul-ljusgrön-ofärgad, dels genom sin något starkare dubbelbrytning.

De övriga i bergarten observerade mineralen äga i stort sett samma utbildning som i den först beskrivna melafyrgången.

Näsby västra melafyrgång.

Strax väster om landsvägsbron anstår melafyr i ett mindre märke å vägens södra sida. Den genomsatta bergarten utgöres av grå-brun, tunnklugen, gotlandisk skiffer. Gångens mäktighet växlar från $\frac{1}{2}$ till 1 m.; dess riktning är N 50° W.

Bergarten är till utseendet mycket växlande: än mörk, tät och basaltisk, homogen eller knölig och i senare fallet av skiftande färg och hårdhet, än åter mörkt grågrön och bandad. Vittrad blir den grå och här och var rik på vita kalcitmandlar. Makroskopiskt är bergarten alltid tät och utan strökorn.

Under mikroskopet visar det sig, att melafyren sällan är frisk utan även i de basaltiska, till utseendet friska delarna oftast tämligen starkt omvandlad. Klorit, kalcit och sekundärt magnetitstoft förekomma i stor mängd.

Den *normala bergarten* är hypokristallin, riktningslös och består av augit, plagioklas, olivin jämte magnetit, apatit och glasbasis. Tillfälligtvis uppträder även hornblende.

Augiten förekommer stundom tämligen rikligt men endast i små kristaller, vanligen helt eller delvis omvandlade i klorit och kalcit. Den ursprungliga formen kan sällan iakttagas, dock har den säkerligen varit prismatisk eller stänglig liksom hos de här och var iakttagna friska kristallerna.

Plagioklas finnes endast i ringa mängd. Den är delvis idiomorf och delvis allotrimorf utbildad i små, fina stänglar.

Olivinen uppträder sparsamt i små, väl utbildade, alltid fullständigt omvandlade kristaller. Bland omvandlingsprodukterna intar än grön serpentin, än kalcit huvudmassan. Magnetitstoft finnes ej avskilt i pseudomorfoförmerna.

Hornblendet uppträder i små, starkt pleokroistiska stänglar, inneslutna i bruna, från den övriga bergartsmassan tydligt skilda partier, vilka i övrigt huvudsakligen bestå av ofärgat eller svagt brunt glas med mikrolitiska plagioklaslister. (Se i övrigt hornblendet i gången sydväst om Tolånga kyrka).

De *knöliga delarna* av bergarten bestå av mörkt brungröna, oregelbundet formade, ärtstora eller större partier, åtskilda av en mörkt grå eller grågrön massa. Gränsen mellan denna senare och de bruna partierna är ej skarp men dock tydlig. Huruvida någon väsentlig skillnad i sammansättning finnes har ej kunnat säkert avgöras, enär bergarten är starkt vittrad. I denna del av bergarten finnes omvandlad glasbasis i stor mängd. Dess färg är än brun än grå, och den ger genom sin fördelning upphov till de ovannämnda färgskiftningarna.

De *bandade delarna* av bergarten utgöras av omväxlande ljusare och mörkare lag, makroskopiskt föga framträdande men under mikroskopet mycket tydliga och skarpt avgränsade (tafl. 4, fig. 2). De ljusare banden ha den normala bergartens sammansättning och bestå således huvudsakligen av augit- och olivinkristaller i en grundmassa av glas med små augit- och plagioklasstänglar samt magnetitkorn. Vid gränsen mot de mörkare banden blir bergarten mera finkornig och rik på magnetitmikroliter. — —

De mörka banden utgöras av en gröngrå eller rödbrun, nästan svart, tät grundmassa med enstaka plagioklaslister och i kalcit omvandlade (augit-?) kristaller samt talrika, relativt stora strökorn av olivin och augit. Såväl de ljusa som de mörka banden äro starkt omvandlade.

De mörka banden äro endast inneslutningar i den ljusare (normala) bergarten; de nå endast ringa mäktighet (< 1 cm) och utsträckning. Oregelbundet formade partier av fullkomligt samma art som de mörka banden finnas även.

Melafyrgångarna 700 m nordost om Tolånga kyrka.

Omkring 700 m nordost om Tolånga kyrka synes melafyr blottad å ömse sidor om vägen från Tolånga mot Näsby. Melafyrens gångform är här tydligt framträdande. Å platsen uppträda två eller möjligen tre parallela gångar, av vilka de båda västligaste äro bäst blottade. Dessa löpa på endast ett par meters avstånd från varandra; gångarnas riktning är N30°W. Den genomsatta bergarten utgöres av en grå-grågrön, tämligen lös, tunnklugen gotlandisk lerskiffer, något kalkhaltig och med enstaka kalkstensband.¹ Mot melafyrkontakten blir skiffern hård och skarpkantig, vid själva kontakten hornfelsartad. Kontaktzonen är föga mäktig, högst $\frac{1}{2}$ meter.

Melafyren har ett synnerligen växlande utseende. I den västligaste gången och framför allt i den söder om vägen befintliga delen är bergarten svart och basaltisk med tydliga, glänsande svarta strökorn (av augit) i en finkornig eller tät grundmassa utan mandlar. I gångens yttre delar är emellertid bergarten till större delen något vittrad och då till färgen mörkt grågrön med matta, ljusare grågröna strökorn. Här och var och framför allt norr om vägen är bergarten än mera omvandlad och så fullkomligt olik den friska, att man i lösa stycken av den ena och den andra ej skulle ana med varandra närmare besläktade bergarter än mindre en och samma bergart. De starkare omvandlade partierna äro nämligen till större delen ljusgrå med brun vittringsskorpa, vanligen matta men stundom svagt fettglänsande; de äro täta och sakna tydliga strökorn men äro ofta rika på mandlar. Dessa senare utgöras mest av kalcedon eller kalkspat. Emellertid finnas även vittrade partier med tydliga augit-strökornspseudomorfer i en tämligen lös grågrön-olivgrön bergart. Dessa partier förekomma i den bredare västra gångens centrala del, då däremot de ljusa, täta partierna tillhöra denna gångs salband samt de smalare gångarna.

Under mikroskopet visar sig den friska bergarten vara hypokristallin-porfyrisk med strökorn av augit samt en grundmassa av augit, plagioklas och olivin jämte magnetit, apatit och glasbasis.

Augiten upptar huvudmassan av bergarten. Som strökorn uppträder den i korta, 8-sidigt prismatiska kristaller avslutade med negativa grundpyramidytor. Kristallernas längd är i medeltal ungefär 1 mm men kan nå upp till 5 mm. Kristallerna ha alltid utpräglade genomgångar efter (110), aldrig efter (010) eller (100). Tvillingar efter (100) äro ganska vanliga. Flertalet av strökornen visa zonar byggnad med olika utsläckning men lika färg och dubbelbrytning i de skilda zonerna. Kärnan har ofta oregelbunden, avrundad form och gör intryck av att vara en rest av en starkt korroderad kristall, vilken senare ånyo vuxit ut (textfig. 6 a, b). För en dylik tillväxt, korrosion och förnyad tillväxt talar även det förhållandet, att inneslutningar av grundmassan mycket ofta uppträda i fördjupningar i den inre delen, omslutna av

¹ Skiffern är helt nyligen beskriven av J. E. Hede (G. F. F. Bd 37, sid. 67), vilken påvisar att den är ekvivalent med den egendomliga posidonomyskiffern vid Tosterup.

närmast följande zon. Augitkristallerna äro i reflekterat ljus svarta, i genomfallande vanligen ljust bruna utan pleokroism; ytterst sällan visa de grön och då svagt pleokroistisk kärna. Normal ljusbrytning och dubbelbrytning; $c : c = 44^\circ$. Axel vinkel stor.

Vid vittring övergår augiten i ett gråbrunt, stundom fläckvis svagt grönt, kryptokristallint aggregat av kalcit och klorit. Det senare mineralet är otydligt trådigt, ej pleokroistiskt samt visar mycket svagt dubbelbrytande och optiskt negativa fibrer. Augitens kristallform är fullständigt bibehållen men av zonstrukturen och genomgångarna synas inga som helst spår. Magnetitstoft avskiljes i tämligen stor mängd vid omvandlingen och samlas vanligen i små dentritiska bildningar.

Grundmassans augit visar i stort sett samma form och färg och samma egenskaper som strökornen. Den är dock oftare något långsträckt prismatisk. Kristallerna äro vanligen väl utbildade men ofta oregelbundet sammanvuxna.

Plagioklasen uppträder dels i små idiomorfa stänglar, dels som allotrimorf fyllnad. Tvillingbildning efter albitlagen förekommer saunolikt i alla stänglarna, efter periklinlagen däremot endast mycket sparsamt. I optiskt hänseende visar plagioklasen samma egenskaper som den i melafyren vid Näsby och bör således i likhet med denna betecknas som basisk labrador. Plagioklasen är städse yngre än augiten och har aldrig observerats innesluten i eller genomträngande denna. Mycket ofta ligga plagioklasstänglarna slutna intill augitkristallernas, även de i grundmassan, ytor. — Plagioklasen förekommer endast i relativt ringa mängd i den bredare gångens centrala del, dominerande däremot i salbanden av denna gång ävensom i hela den smalare gången.

Olivin förekommer rikligt, mest i små kristaller, men även större strökorntartade finnas. Formen är tydlig, fastän mineralet städse är fullständigt omvandlat i serpentin och kalkspat. Magnetit har ej avskilts i märkbar mängd.

Magnetiten uppträder i stor mängd, *apatiten* däremot endast mycket sparsamt. Båda mineralen äro utbildade på samma sätt som i melafyren vid Näsby, det förre således i små kubiska kristaller, det senare i delvis mikrolitiska stänglar.

Jämte magnetiten uppträder *pyrit* i mindre mängd, utbildad i tydliga kuber, vanligen så stora att de lätt kunna makroskopiskt iakttagas.

Glasbasis förekommer alltid, stundom dock endast i så ringa mängd, att bergarten nästan får intersertalstruktur. Glaset är till större delen ofärgat eller svagt brunt. I grundmassan uppträda emellertid även svagt gröna, isotropa partier, vilka möjligen böra tolkas som bergartsglas. De uppträda på samma sätt som det övriga glaset och äro liksom detta tämligen rika på mikroliter.

Av sekundära mineral torde *kalciten* förekomma i störst mängd; den uppträder dels som kryptokristallina aggregat i de omvandlade mineralen, dels ock i mandlar såsom tydligt korniga aggregat. Stundom är den starkt bemängd med kloritfibrer och ej sällan grumlig av magnetitstoft.

Kalcedon bildar talrika, hårda mandlar, växlande i storlek från 1-10 mm. Till färgen är kalcedonen i reflekterat ljus något blåaktig med fettglans, i genom-

fallande ljus däremot helt ofärgad eller med svagt bruna, koncentriska gränslinjer. Mandlarna bestå av radialstråliga, stundom koncentriskt skalformiga aggregat med optiskt negativa fibrer (Tavl. 4 fig. 5). Mellan korsande nicoller framträder det för mineralet så karaktäristiska fläckiga utseendet samt de varandra rätlinigt avskärande strålnippena.

Melafyren i Tolånga kyrkbacke.

Tolånga kyrka ligger på en liten markerad kulle i Tolångaåns dalgång. I kullens östra och norra sida är en grågrön, delvis breccieartad, delvis tuffartad bergart blottad. Vid östra sidan har man sprängt källare in i kullen och därvid trängt igenom den yttre, lösare bergarten. Det visar sig där, att den senare inåt övergår i en hård, tät, mörkt grågrön bergart, vilken även anträffas å kullens övre del samt i vägskalet sydost om kyrkan. Då denna bergart till alla delar överensstämmer med den vittrade melafyren i ovan beskrivna gångar, hör den således utan tvivel samman med dessa. Själv har jag ej här kunnat taga prov av fullt frisk bergart, men det är ej osannolikt, att MOBERG erhållit dylikt (t. ex. vid sprängning av någon grav); man förstår då utan vidare hur SVEDMARK, som undersökte MOBERGS prov, kunde kalla bergarten basalt. Att SVEDMARK senare föredrog att benämna bergarten diabas, har säkerligen sin grund i en bättre kännedom om beskaffenheten av bergarten i de mera tillgängliga delarna; så omvandlad som denna bergart är finner man nämligen knappast någon basalt.

De tuff- eller breccieartade bildningarna beskrevos, som i inledningen framhållits, av TÖRNEBOHM & HENNIG såsom diabastuff. Dessa bildningar intaga endast en ringa del av kullen och övergå omärkligt i den normalt utbildade bergarten.

I kullens centrala och södra del är bergarten grågrön, tät och fri från såväl mandlar som främmande inneslutningar. Under mikroskopet visar den sig såsom en kryptokristallin massa, bestående huvudsakligen av klorit och kalcit. Stundom kan man i denna även iakttaga mer eller mindre omvandlade plagioklaslister samt mera sällan pseudomorfoser efter större, strökornsartade kristaller. Några av dessa bestå av kalkspat i förening med serpentin, och då de äga olivinens form råder intet tvivel om att de äro pseudomorfoser efter detta mineral. Anmärkningsvärd är frånvaron av mera märkbara mängder av magnetitstoft; liksom hos alla övriga, här avhandlade melafyrer förekommer således även i denna gång sekundär magnetit endast i obetydlig mängd i olivinpseudomorfoserna. (I bergarten vid Frualid äro de senare däremot synnerligen rika på magnetitstoft). Huruvida de strökornsartade pseudomorfoserna till någon del äro omvandlad augit har ej med säkerhet kunnat avgöras, osannolikt är det i varje fall ej. I ett par fall har frisk augit observerats både som strökorn och i grundmassan. Bergarten visar då samma beskaffenhet som i de augitrikare, föga omvandlade delarna av gången 700 m nordost om kyrkan. Magnetitkristaller förekomma synnerligen rikligt i bergarten.

Den grågröna fyllnadsmassan mellan plagioklaslisterna och strökornspseudomorfoföserna utgöres säkerligen av omvandlat glas. Liksom flertalet av pseudomorfoföserna är den rik på finkornig kalcit jämte klorit och magnetitstoft.

Här och var består bergarten av ljusare och mörkare partier; de förra äro runda, elliptiska eller av mera oregelbunden form och omgivna av de mörkare, mera sliriga. De ljusare partierna äro synnerligen rika på plagioklas, de mörka äro fattigare på detta mineral men starkt bemängda med grön klorit.

Mot kullens östra sida blir bergarten fläckig av främmande inneslutningar. Deras natur är ej alltid tydlig, men i flera fall ha även i den normala bergarten iakttagits samma bergartsfragment som förekomma i den yttre, tuffartade zonen. Lerskifferstyckena, som äro föga omvandlade i den yttre zonen, visa tydliga spår av omsmältning inuti den egentliga melafyren. Huru mäktigt detta av lerskiffer och andra block bemängda bälte har varit kan ej för närvarande avgöras, enär dess yttre delar äro bortförda. Dessa voro, enligt vad MOBERG muntligt meddelat mig, tämligen mäktiga, då de av honom först observerades, och bildade då tydliga bankar. Det är således möjligt, att här funnits en normalt lagrad tuff. Den del som nu finnes kvar är endast omkring 0.5 m mäktig och till större delen breccieartad med kalkspatfyllda sprickor. Tydligast framträder den tuffartade karaktären hos bergarten i kyrkbackens norra sida. Då i inledningen utförligt citerats TÖRNEBOHM & HENNIGS beskrivning av »tuffen», skall här endast i korthet nämnas några karaktäristiska drag hos densamma. Makroskopiskt är bergarten grönaktig med talrika skifferfragment samt små, vanligen mörka, skarpkantiga brottstycken av andra bergarter. Under mikroskopet ter sig den gröna massan svagt dubbelbrytande som omvandlat glas; den visar emellertid ej någon typisk tuffstruktur. De *främmande inneslutningarna* äro av mycket växlande art. Några av de vanligaste må anföras:

1) Hornfelsartad lerskiffer, ej sällan med bibehållen skiktning. Utan tvivel brottstycken av den gotlandiska lerskiffer som omger melafyren.

2) Brun bergart med tät, glasig grundmassa, rik på hämatitstoft; små strökorn av olivin och augit, helt omvandlade, de förra i serpentin och de senare i klorit. Därjämte finnas i dessa brottstycken mandlar av klorit och kalcit samt talrika splittror av kvarts, kvartsit och fältspat (mikroklin).

3) Grå, finkornig bergart med talrika korn och fjäll av hämatit samt kvartsfragment (skarpkantiga), muskovit och kalcit. Omvandlad sedimentär bergart, sannolikt sandig margskiffer.

4) Svart, glasig bergart med talrika, fluidalt ordnade plagioklaslister.

5) Bergart med ljusgrön, svagt dubbelbrytande grundmassa, rik på plagioklaslister och hämatit jämte enstaka i serpentin omvandlade olivinkristaller.

6) Porfyrisk bergart med svagt gul grundmassa av omvandlat glas med hämatitfjäll samt strökorn av plagioklas.

7) Metamorfoserad sandsten med kryptokristallint sediment,

Det förhållandet, att dessa bergartsfragment även förekomma i den typiska melafyren och i denna i omsmält eller starkt kontaktmetamorfoserat tillstånd, tyder på att den förmodade tuffen endast är den starkt omvandlade och på främmande inneslutningar rika yttre delen av denna melafyrgång. Endast genom inneslutningarnas stora mängd skiljer sig »tuffen» från den starkt vittrade bergarten i övriga melafyrgångar i trakten. I de föreliggande proven har ej något spår av tuffstruktur kunnat iakttagas.

Tolånga södra melafyrgång.

Ungefär 500 m SSW om Tolånga kyrka finnes å Tolånga-åns södra sida gotlandisk skiffer blottad å en längre sträcka. I västra delen av skifferväggen är även en melafyrgång synlig. Gångens riktning är N 55°W; dess mäktighet omkring 1 m. Bergarten har ett mera fläckigt utseende än i förut beskrivna gångar; i de friskare delarna är den mörkt grågrön med bruna korn eller bollar. Vid vittring blir bergarten olivfärgad eller rent brun.

Bergarten är utbildad som en typisk mandelsten synnerligen rik på mandlar av vid pass en ärtas storlek. Större mandlar ävensom sprickfyllnader av kalkspat finnas även.

Under mikroskopet visar sig bergarten alltid något omvandlad. De friskaste proven bestå av en grön, kryptokristallin massa, i vilken bruna, delvis glasiga partier ligga inneslutna. Den gröna massan utgöres huvudsakligen av klorit och tät kalcit, i vilken kunna urskiljas dels relativt friska plagioklaslister dels otydliga pseudomorfoser efter augit och olivin, de senare stundom av betydande storlek. Magnetitkorn förekomma rikligt.

De bruna partierna bestå av glasbasis, delvis frisk men vanligen till större delen omvandlad, samt av allotrimorf och idiomorf plagioklas jämte en mängd små, mer eller mindre väl utbildade kristaller av hornblende. Apatit och magnetit förekomma endast i ringa mängd.

Plagioklasen är ofta så starkt omvandlad att man ej kan se de olika tvillinglamellerna. Den är emellertid stundom fullkomligt frisk och visar då samma optiska egenskaper som den från Näsby östra gång beskrivna. Någon gång uppträder den här i större strökornsartade kristaller och i ej ringa mängd som allotrimorf fyllnad.

Augit har ej observerats frisk i denna gång; flera av pseudomorfoserna hava dock utpräglad augitform, varför detta mineral säkerligen ingått i bergarten.

Olivinen kan också endast spåras i pseudomorfoser. Olivinpseudomorfoserna bestå vanligen av enbart serpentin och kalcit men kunna i vissa delar vara tämligen rika på avskilt magnetitstoff.

Hornblendet i de bruna partierna är prismatiskt och har ofta synnerligen tydliga genomgångar efter (110). Pleokroism stark: $c = b$ grön-grönbrun, a ljus gul. Ljusbrytning och dubbelbrytning normala, optiska axlarna i symmetriplanet, axelvinkel stor. Utsläckningssnedhet ($c : c$) = 15°; optisk karaktär negativ. Vid omvandling

övergår hornblendet i grön, ej pleokroistisk klorit, och ej sällan finner man små hornblendestänglar inhöljda i detta mineral (Tafl. 3, fig. 5). Vid fortsatt omvandling undantränges kloriten av finkornig-tät kalcit, brun eller grå av hämatit och magnetitstoft.

Bergartens *glasbasis* är som förut nämnts någon gång frisk. Den är då ljusbrun, mera sällan färglös. Vid vittring övergår den i en otydligt dubbelbrytande kryptokristallin massa, vilken vid fortsatt omvandling uppdelas i grå eller gråbruna kalcit- och gröna kloritaggregat.

Mandlarna utgöras dels av kalcit dels av samma isotropa mineral som omnämnts från ett par av de andra melafyrgångarna. Detta senare mineral förekommer huvudsakligen i de bruna, glasiga partierna, oftast tillsammans med kalcit. Dubbelbrytning har med hjälp av »teinte sensible» någon gång kunnat spåras i mineralet. De dubbelbrytande delarna sakna bestämd form och övergå omärkligt i de fullständigt isotropa. Genomgångar saknas men oregelbundet löpande sprickor äro vanliga. Dessa äro fyllda av ett tydligt dubbelbrytande, färglöst mineral. Det isotropa mineralet är ej sällan idiomorft gentemot kalciten. Genom utpreparering har kristallformen kunnat bestämmas till ikositetraeder och kub, den förra vanligen dominerande. Sp. vikten bestämdes med Thoulets lösning till 2.177. Hårdhet > 6.5 . Brottet är mussligt eller splittrigt. Genomgångar saknas. Ljusbrytningen är svag, föga större än hos ricinolja ($n = 1.478$) och tydligt svagare än hos xylol ($n = 1.487$). Brytningsexponenten kan således anses vara ungefär 1.480. Mineralet smälter lätt i Bunsenlågan till en mer eller mindre blåsrik kula. Det löses ej i utspädd klorvätesyra.

Då mineralet ej kunnat indentifieras med något förut känt, kommer en analys att göras å detsamma, och jag hoppas att i samband med publicerandet av denna även kunna fullständiga de här lämnade uppgifterna om mineralet.

Huruvida det ovan angivna mineralet är identiskt med det isotropa mineral som beskrives av *Eichstädt* från basalten vid Gunnarp och andra platser¹ och av *Martin* från Oldenburgska basaltblock² har ej undersökts.

Övriga i Tolångatrakten uppträdande melafyrgångar.

Utom de ovan anförda melafyrgångarna finnas i Tolångatrakten flera andra, vilka dock ej synts mig kräva en utförlig beskrivning. Bergarten är i stort sett densamma som i de övriga gångarna; även i riktning (N 35° W—N 55° W) och i det geologiska uppträdandet äro de alla lika. Å ett par ställen anträffades skarpkantiga block i sådan mängd, att all anledning fanns att antaga förefintligheten av anstående bergart. Prov togs även från dessa ställen och visade sig vara av samma art som i de direkt iakttagna gångarna. Från följande platser har bergarten undersökts.

1) 400 m norr om Tolånga kyrka finnes å vägens västra sida en mindre skärning i gotlandisk märgelskiffer. I denna synes en smal melafyrgång. Bergarten är

¹ *Eichstädt*, Skånes basalter, sid. 30.

² *Martin*, Erratische Basalte aus dem Diluvium Norddeutschlands, sid. 509 o. a.

mycket starkt vittrad, ljus brun eller gul och av jordig beskaffenhet. I kärnan av lösbrutna större stycken kan man emellertid träffa något friskare bergart. Denna är ljusgrå med talrika små, ljusgröna eller nästan vita korn. Makroskopiskt liknar således denna bergart den i de mera vittrade delarna av Tolånga nordöstra gång, och under mikroskopet visar den sig även äga samma mineralogiska sammansättning som den senare. Plagioklasen är stundom tämligen frisk, augiten däremot fullständigt omvandlad. Huruvida olivin förekommit eller ej kan ej direkt iakttagas, men förekomsten av mindre partier av relativt starkt dubbelbrytande serpentin i den förhärskande gröna kloriten synes mig tala för att olivin ej saknats. De makroskopiskt iakttagbara ljusa kornen äro små mandlar eller mandelartade bildningar av kalcit, kalcedon och klorit. Kalcedonen synes stundom undanträngd av kalcit, varvid den förras zonstruktur i någon mån bibehållits. Sekundär kvarts har i ett enstaka fall observerats innesluten i kalciten.

2) Vid norra sidan av Tolångaåns dalgång, ungefär 1600 m öster om Tolånga kyrka, anträffades melafyrblock i sådan mängd att fast klyft här torde finnas. Bergarten är tät, mörkt grå med små vita mandlar. Vittringsskorpan är olivbrun eller gulbrun. Under mikroskopet visar bergarten samma utseende som övriga, något omvandlade Tolångamelafyrer. Huvudmassan utgöres av ett grönt-grått, grumligt aggregat av kalcit, klorit och magnetitstoft. Plagioklaslisterna äro ej mer omvandlade än att de utan vidare observeras, men eljest kan man endast otydligt spåra de primära mineral som bildat bergarten. Av några pseudomorfoser framgår det dock tydligt att hornblende varit bland dessa mineral, och sannolikt har bergarten här haft samma utbildning som i Tolånga södra melafyrgång. Liksom i sistnämnda gång finna vi även här mandlar av ett isotropt mineral tillsammans med sådana av kalkspat och klorit.

3). Ungefär 150 m öster om sistnämnda fyndställe för melafyr träffades ånyo enhetliga block i mindre mängd. Bergarten i dessa block tillhör utan tvivel Tolångamelafyrerna men har ett något säreget utseende. Dess plagioklaslister äro nämligen betydligt större än i någon av de kända gångarna. Även olivinen uppträder i relativt stora kristaller, städse omvandlade i ett nätverk av serpentin utan sekundärt magnetitstoft. I övrigt består bergarten av ett oredigt klorit-kalcitaggregat rikt på magnetitkristaller och mandlar; de senare äro till största delen bildade av kalcit, ofta i flera koncentriska zoner med grövre korn i kärnan, finare mot periferien. Som främmande inneslutningar uppträda kvarts, kvartsit och ett kvarts-fältspataggregat, vilka alla säkerligen härröra från en och samma bergart.

4). Ytterligare 50 m längre mot öster, alltså ungefär 1800 m ONO om kyrkan, är en metersbred gång blottad. Dess riktning är N 55° W. Under mikroskopet visar sig bergarten bestå av små, smala plagioklaslister och magnetitkorn som enda friska mineral i en grundmassa av sekundär kalcit och klorit. Otydliga pseudomorfoser efter augit och olivin förekomma tämligen talrikt. Mandlarna utgöras av kalcedon eller kalkspat eller av båda dessa mineral tillsammans. Strukturen har säkerligen

varit hypokristallin-porfyrisk, och fältspatlisterna ligga ofta fluidalt ordnade omkring strökornen.

5). Ungefär 2200 m ONO om Tolånga kyrka synes ännu en melafyrgång, något bredare än den föregående. Bergarten visar samma utseende som i denna men är nästan än starkare omvandlad. Augit- och olivinpseudomorfoföserna äro stundom mycket tydliga. Serpentina i de senare är ibland bladig (antigorit). Mandlar av kalcedon saknas, men i stället uppträder enstaka sådana av förut omnämnda isotropa mineral. De senare ha ofta en smal randzon av ljusgrön-gulgrön klorit.

6). Vid Magleberg, 1300 m norr om Vanstads kyrka, anstår melafyr i själva vägbanan norr om gården å åns södra sida. Bergarten är grå eller gröngrå, finkornig och något mandelförande. Under mikroskopet visar den sig bestå av augit, plagioklas och olivin jämte magnetit, apatit och glasbasis. Bergarten är emellertid starkt omvandlad huvudsakligen i kalcit, klorit och serpentin. Glaset är brunt och visar stundom friska partier rika på plagioklasmikroliter och biotitfjäll. — — Mandlarna utgöras av kalcit och det isotropa mineralet.

7). 1600 m WNW om Vanstads kyrka anträffades synnerligen talrika melafyrblock, makroskopiskt friska, svarta, basaltiska. Under mikroskopet visa de sig vara fullkomligt lika bergarten i Näsby östra gång. I de olika proven synas smärre skiljaktigheter. Så kan man i något av dem tydligt skilja mellan augitströkornen och grundmassans augit, i ett annat övergå de båda generationerna omärkligt i varandra; olivin förekommer stundom rikligt, stundom mycket sparsamt; plagioklasmängden står vanligen i omvänt förhållande till olivinnmängden.

8). Mellan Brandstad och Klamby skall enligt beskrivningen till kartbladet «Övedskloster» diabas vara synlig, genomsättande gul, gotlandisk sandsten. Vid den å kartan utmärkta platsen fanus emellertid nu varken sandsten eller diabas blottad. En mängd skarpkantiga block anträffades emellertid på platsen, och bergarten i dessa visade sig vara melafyr fullkomligt lik den i Näsby östra gång och Vanstadsblocken. Bergarten är nästan friskare än i någon av de beskrivna melafyrgångarna och för t. o. m. delvis frisk olivin. Kvarts förekommer dels i enstaka korn rika på vätskeinneslutningar dels i små kvartsitiska bollar; i båda fallen är den säkerligen inkommen från den genomsatta sandstenen.

Sammanfattning och slutanmärkningar.

De bergarter, som här beskrivits som melafyrer, bestå av kombinationen plagioklas-augit-olivin. Samtliga uppträda i gångar med NW-SO sträckning. Gångarna äro, om vi bortse från den vid Tolånga kyrka, föga mäktiga och visa alltid en till större delen omvandlad bergart. Den friska bergart, som här och var påträffas i mindre mängd är svart och basaltisk, den vittrade däremot grå, grön eller brunaktig. Under mikroskopet visar alltid den friska och ej sällan även den starkt omvandlade bergarten följande karaktäristiska drag:

1) Hypokristallin-porfyrisk struktur, aldrig typiskt hyalopilitisk eller intersertal. Ofitisk struktur saknas fullständigt. I salbanden blir den porfyrisk karaktären mindre framträdande och i stället finner man där vanligen en fluidalartad struktur, uppkommen genom parallelordning hos fältspatlisterna.

2) Den mineralogiska sammansättningen växlar inom skilda delar av en och samma gång och även något mellan de olika gångarna. Basaltisk augit och basisk labrador bilda alltid bergartens huvudmassa; olivin uppträder i växlande mängd. Bibestandsdelar äro apatit och magnetit, tillfällig eller vikarierande bestandsdel hornblende. Pyrit uppträder stundom i enstaka korn. Glasbasis förekommer nästan alltid tämligen rikligt. Till färgen är glaset än mörkt än ljust brunt. Vanligen är det helt eller delvis omvandlat, och endast mera sällan finner man det fullkomligt friskt. Som nybildade mineral i den omvandlade bergarten uppträda huvudsakligen klorit, serpentin, kalcit och kvarts (mest som kalcedon). Mandelstensbildning förekommer ofta.

Främmande inneslutningar förekomma här och var i stor mängd särskilt i och vid gångarnas salband. Inneslutningarna utgöras av brottstycken av genomsatta bergarter. Vid vittring få de på inneslutningar rika partierna stundom ett tuffartat utseende.

Bergartens utbredning är ej till fullo utredd. Undersökningen har dock visat, att den är begränsad till ett SO-NW bälte inom det stora skånska silurfältet med samma sträckning. Bältets längd från trakten av Vanstad i SO till Brandstad i NW är ungefär 10 km, dess bredd från Tolånga sydvästra gång till Näsby östra 5 km. Bredden torde ej kunna tänkas väsentligt större, enär å ena sidan de längre

åt nordost befintliga å berggrundskartan¹ utmärkta gångarna (Ryd-Frenninge-Rönnås-Vesterstad) visa typisk Kongadiabas, och å andra sidan bältet når nästan fram till silurfältets gräns mot de mesozoiska bildningarna. Vad åter beträffar bergartens utbredning åt nordväst och sydost kan den givetvis förmodas vara betydligt större än vad hittills kunnat visas. Bältets sträckning i denna led sammanfaller med gångarnas och båda med den allmänna riktningen av de stora brottlinierna i Skåne. Sydost om Tolånga-området påträffa vi inom de närmaste 20 km inga eruptivgångar; mellan Tomelilla och Skånes sydöstra kust uppträda emellertid dylika synnerligen talrikt, men efter kartbladsbeskrivningarna att döma torde de alla utgöras av vanliga diabaser och proterobaser. Ett par av de senare uppgivas dock vara starkt kalkhaltiga² och torde möjligen kunna vara besläktade med de här beskrivna hornblendeförande formerna. Från Bollerup föreligga prov, som visa, att därvarande eruptiv utgöras av olivindiabas med intersertalstruktur och fullständigt omvandlat, mörkbrunt glas.

Nordväst om Tolångaområdet uppträda gångformiga eruptiver å flera ställen så t. ex. vid Övedskloster (Fruaid) och trakten däromkring, vidare vid Rövarkulan NO om Löberöd station och i Drakekullen mellan Hurva och Snogeröd stationer. Å de båda sistnämnda ställena är bergarten grågrön, starkt vittrad och rik på kalcit. Det är högst antagligt att bergarten här är av samma slag som i Tolånga. Vid Drakekullen är bergarten även i så måtto lik den i Tolånga kyrkbacke att den är rik på främmande inneslutningar, vilka dock till större delen äro brottstycken av den genomsatta gotlandiska skiffern.

Vad bergarten vid Fruaid beträffar, har man visserligen med hänsyn till dess geologiska uppträdande all anledning förmoda, att den, såsom TÖRNEBOHM & HENNIG anse troligt, tillhör samma eruptionstid som Tolångamelafyrerna. Att dess mineralogiska sammansättning dock ej överensstämmer med de senares kan man strax förvissa sig om vid en jämförelse dem emellan. Hos Fruaidbergarten dominerar plagioklasen vanligen fullständigt, och ofta finner man den i två tydligt skilda generationer. Den är idiomorf gentemot augiten, vilken senare sällan förekommer i större mängd och i flera av de föreliggande proven t. o. m. helt saknas. Olivinen kan förekomma i tämligen stora kristaller, men den kan också liksom augiten saknas. Där den förekommer är den alltid starkt omvandlad och rik på magnetitstoft. Tilläggas bör, att Fruaidbergarten mycket ofta visar ofitisk struktur, vilket, som förut nämnts, aldrig är fallet med Tolångamelafyrerna. Det föreliggande materialet från Fruaid är ganska stort och har underkastats en noggrann mikroskopisk undersökning. Denna undersökning har, tillika med iakttagelserna i fältet, givit vid handen, att bergarten har en mycket växlande struktur och mineralogisk sammansättning. TÖRNEBOHM & HENNIG beskriva också tre olika typer av bergarten, vilka givetvis övergå i varandra och även måste vara förbundna med de former, jag haft till-

¹ TÖRNEBOHM & HENNIG, Bl. 1—2.

² Beskr. hl. Simrishamn, sid. 42.

fälle att studera. En mera ingående detaljundersökning i fältet skall säkerligen lämna upplysning härom och även klargöra denna bergarts ställning till Tolångamelafyrerna.

Melafyrernas i Tolångatrakten *ålder* har ej kunnat direkt bestämmas. Deras sällan friska beskaffenhet skiljer dem vanligen strax från de tertiära basalterna och deras ofta väl bibehållna glasbasis från Skånes äldre paleozoiska diabaser. De genomsätta yngsta gotlandium och den rika förekomsten av skarpkantiga brottstycken av gotlandisk lerskiffer tyder på att de gotlandiska avlagringarna hunnit hårdna, innan melafyrmagman frambröt. Huruvida de äro av samma ålder som de mellaneuropeiska melafyrerna kan knappast avgöras, osannolikt är det i varje fall ej.

Zusammenfassung.

In der Gegend von Tolånga im südlichen Schonen kommt ein basisches Eruptivgestein vor, das hinsichtlich seines Alters seinen Platz zwischen den schonischen Diabasen vom älteren paläozoischen Alter und den schonischen tertiären Basalten haben dürfte. Zum Unterschied von den Diabasen zeigt das Gestein nicht selten frische Glasbasis und im Gegensatz zu den Basalten ist es immer etwas, gewöhnlich aber stark umgewandelt. Die Struktur stimmt mit derjenigen der schonischen Basalte, die mineralogische Zusammensetzung zum Teil mit derjenigen einiger Olivindiabase überein. Dieses Verhältnis dürfte dazu berechtigen, das Gestein als Melaphyr zu bezeichnen.

Geologisches Vorkommen: Die Melaphyre von Tolånga treten wie die schonischen Diabase in Gangform auf. Die Gänge haben die Richtung NW-SO; die Breite ist im allgemeinen gering, ein bis zwei Meter; in der Längesrichtung können sie nur eine kürzere Strecke verfolgt werden, weil sie immer zum grössten Teil von glacialen Ablagerungen bedeckt sind.

Die Struktur ist hypokristallin-porphyrisch. Glasmenge ziemlich gross. Intersertale Struktur ist bei den Melaphyren von Tolånga nicht beobachtet worden. In und an den Salbändern tritt indessen der porphyrische Charakter weniger deutlich hervor und statt dessen zeigt das Gestein hier Fluidalstruktur.

Mineralbestand. In mineralogischer Hinsicht wird das Gestein durch die Kombination Augit-Plagioklas, zu der sich gewöhnlich auch Olivin gesellt, gekennzeichnet. Akzessorisch treten Magnetit, Apatit, gelegentlich und bisweilen als vikariirendes Übergemengteil, Hornblende. Die Einsprenglinge bestehen gewöhnlich nur aus Augit, bisweilen aber ausserdem aus Plagioklas und Olivin. Auch die Mineralien der Grundmasse sind oft idiomorph ausgebildet. — Der *Augit* tritt in achteckigen Prismen mit guten Spaltflächen auf. Zwillingsbildung und Zonarstruktur sind bei den Einsprenglingen selten und sind bei dem Augit der Grundmasse nicht beobachtet worden. Der Augit tritt oft in Aggregaten auf, die bisweilen ringförmig sind (Taf. 2 Fig. 4). Er ist im reflektierten Licht schwarz, im durchfallenden schwach braun, bisweilen mit grünem Kern. Der *Plagioklas* besteht aus basischem Labrador. Er kommt

teils als idiomorphe Säulchen mit Streckung nach der Kante $P:M$, teils als allotrimorphe Füllmasse vor. Der Plagioklas durchsetzt nie den Augit und ist sicherlich jünger als dieser. Die idiomorphen Säulchen sind selten so gross, dass man sie als Einsprenglinge bezeichnen könnte, und in dem normalen Gestein kommen sie auch nicht an Menge den Augitkristallen gleich. Nach den Salbändern hin nimmt die Plagioklasmenge gleichzeitig mit dem Zurücktretten des Augits zu, wobei erst die Einsprenglinge dann auch der Augit der Grundmasse verschwindet. Der *Olivin* tritt in mehr oder weniger zahlreichen Kristallen auf, die immer vollständig umgewandelt sind, am meisten in Serpentin und Kalkspat, bisweilen auch in ein klares, farbloses, schwach doppelbrechendes Mineral, das von mir als rombischen Pyroxen gedeutet worden ist. *Hornblende* kann bisweilen den Augit ersetzen. Sie ist stets in schlanken Prismen mit starkem Pleochroismus und deutlicher Spaltung ausgebildet. Die Hornblende kommt selten in grösseren Teilen der Melaphyrgänge vor, am häufigsten findet man sie in kleinen gerundeten Einschlüssen in dem normalen, augitreichen Gestein. Die hornblendeführenden Partien sind im allgemeinen reich an braunem Glas. Die Hornblende ist mit dem Plagioklas gleichen Alters und durchwächst bisweilen diesen oder wird von ihm durchwachsen. Der *Apatit* tritt meistens in der Grundmasse in schlanken Prismen auf. Bisweilen findet er sich als Einschluss in Augit und in grösseren Magnetitkörnern (Taf. 1 Fig. 2). Der *Magnetit* zeigt im Dünnschliff meistens rechteckigen Querschnitt; er kommt auch, obwohl ziemlich selten, in dendritischen Mikrolithen vor. Er ist stark magnetisch. Ilmenit oder Titanmagnetit ist nicht beobachtet worden, Leukoxen, Titanit und andere titanhaltige Umwandlungsprodukte auch nicht.

Von sekundär ausgebildeten Mineralien enthält das umgewandelte Gestein folgende: Kalkspat, Serpentin, Chlorit, Quarz (Kalcedon) nebst Magnetit, Hämatit und Limonit. Von diesen treten die drei ersterwähnten gewöhnlich in reichlicher Menge auf. Der *Kalkspat* kommt teils als kryptokristalline Aggregate in der Grundmasse und in den Einsprenglingen teils in deutlich körnigen Aggregaten vor, die entweder in der Form von Mandeln (Textfig. 3 b) oder (den Serpentin verdrängend) in den Olivinpseudomorphosen (s. Textfig. 6 c) vorhanden sind. Der *Serpentin* ist das normale Umwandlungsprodukt des Olivins; bei fortgesetzter Umwandlung wird er jedoch, besonders in den Kernpartien, durch Kalzit ersetzt. Iddingsit ist in den Olivinpseudomorphosen nicht beobachtet worden. Der *Chlorit* tritt überall in dem umgewandelten Gestein auf und verleiht diesem eine grünliche Farbe. Er ist schwach pleochroistisch und zeigt eine wechselnde aber immer sehr schwache Doppelbrechung. Allein oder mit dem Kalkspat zusammen bildet der Chlorit bisweilen auch mandelartige Aggregate. Man findet in den Chloritmandeln nicht selten verschieden stark doppelbrechende Zonen, von denen diejenigen, welche die schwächste Doppelbrechung haben in der Peripherie, diejenigen aber, welche die stärkste Doppelbrechung zeigen im Kern liegen. In der äussersten Zone ist die Doppelbrechung so schwach, dass das Mineral isotrop erscheint. Der sekundäre *Magnetit* tritt teils in der Grundmasse teils in den Augitkristallen als feinen Staub auf. Bemerkenswert ist, dass sich

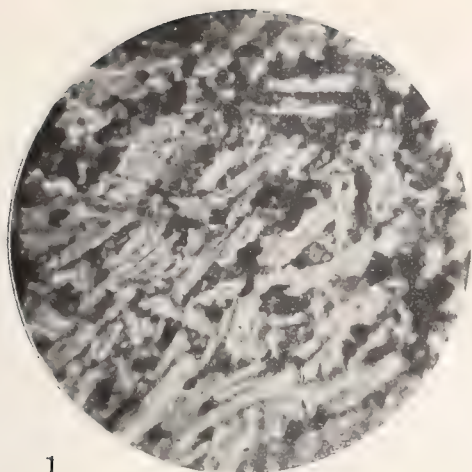
nur wenig oder gar kein Magnetitstaub in den Olivinseudomorphosen findet. *Kalcedon* bildet ziemlich oft Mandeln in dem Gestein (Taf. 4 Fig. 3—5). In mandelartigen Bildungen begegnet man bisweilen neben dem Kalcit einem gegen diesen idiomorphen Mineral von Ikositetraederform. Dieses Mineral ist farblos, isotrop, und nur selten ist eine schwache Doppelbrechung in den Randpartien wahrnehmbar. Die Lichtbrechung ist schwach ($n = 1.480$). Spezifisches Gewicht = 2.177. Das Mineral schmilzt leicht unter Abgabe von Wasser, lässt sich aber in verdünnter Salzsäure nicht lösen. Wahrscheinlich ist das Mineral mit dem isotropen Mineral identisch, das von EICHSTÄDT aus schonischen Basalten, von MARTIN u. A. aus erratischen Basaltblöcken erwähnt worden ist.

TAVLA I.

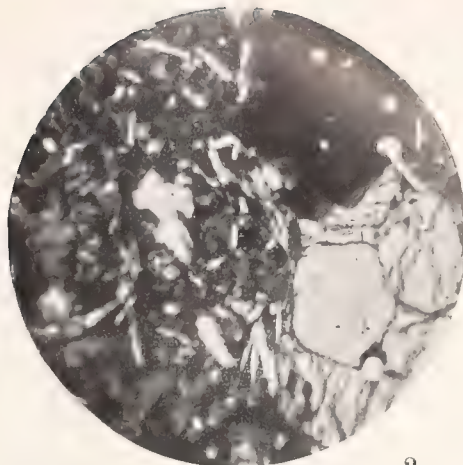
Förklaring till tavla I.

- Fig. 1. Melafyr, rik på plagioklas. Struktur fludialartad. Tolånga nordöstra (mindre) melafyrgång. Preparat 17. Förstoring 32 ggr.
- » 2. Melafyr, rik på brunt glas. Struktur hypokristallin-porfyrisk. Till höger å hilden stora augit- och magnetitkorn. Tolånga nordöstra (större) gång. Prep. 51. Förstoring 32 ggr.
 - » 3. Typisk bild av Ringsjötraktens fältspatrikare nefelinbasalter. Sjöholmen. Förstoring 32 ggr.
 - » 4. Typisk bild av Tolångatraktens melafyrer. Struktur hypokristallin-porfyrisk. Grundmassa med mörkt glas i måttlig mängd. Tolånga nordöstra (större) gång. Prep. 48. Förstoring 32 ggr.
 - » 5. Melafyr med ljust glas. Struktur fludialartad. Näsby västra gång. Prep. 113. Förstoring 32 ggr.
 - » 6. Melafyr med ljust glas. Struktur riktningslös. Samma preparat och förstoring som föregående.
-

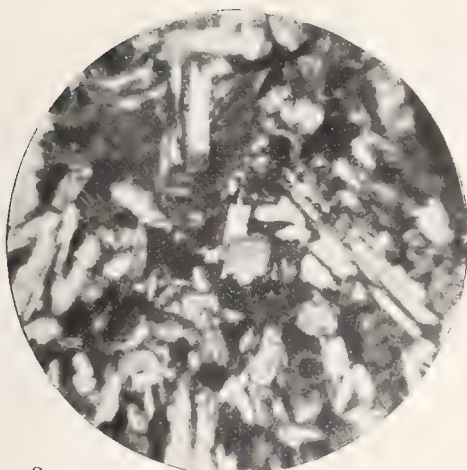
TAVLA I.



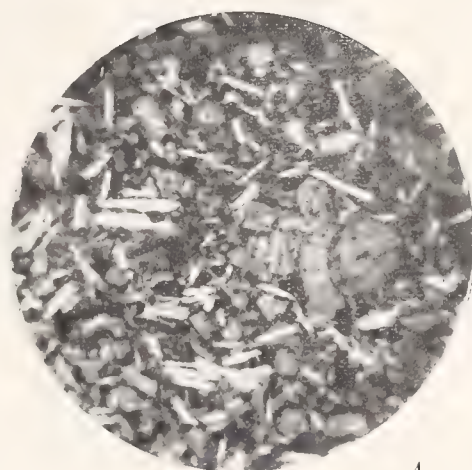
1



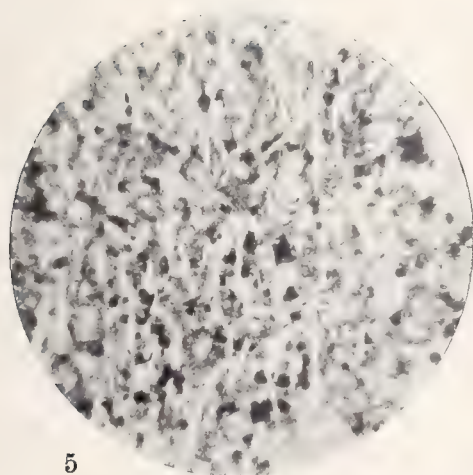
2



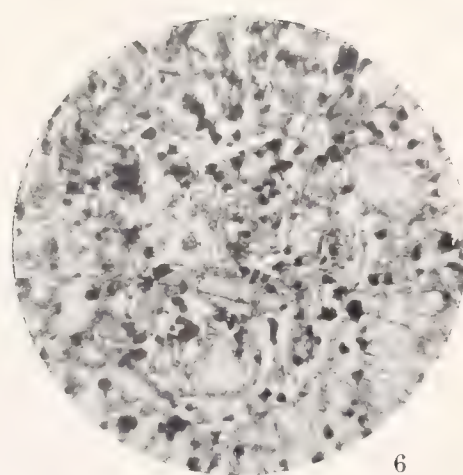
3



4



5



6

A. Hadding, foto.

HÅKAN OHLSSONS
• BOKTRYCKERI •

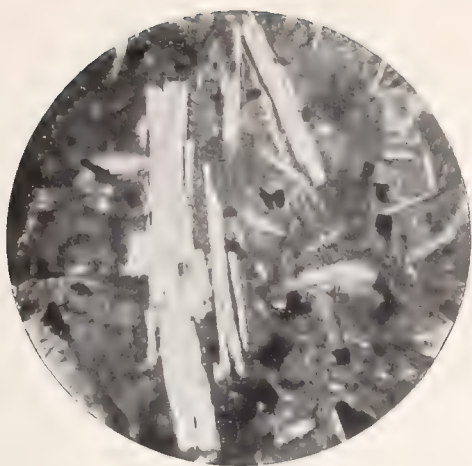


TAVLA II.

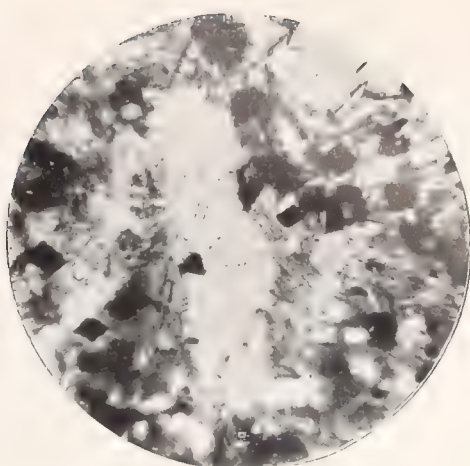
Förklaring till tavla II.

- Fig. 1. Idiomorf plagioklas. Näsby östra gång. Prep. 51. Förstoring 90 ggr.
- » 2. Allotrimorf plagioklas. Näsby östra gång. Prep. 52. Förstoring 90 ggr.
 - » 3. Augit-strökorn. Näsby östra gång. Prep. 52. Förstoring 42 ggr.
 - » 4. Ringformigt augit-aggregat. Näsby östra gång. Prep. 52. Förstoring 35 ggr.
 - » 5. Melafyr med små plagioklaslister ringformigt ordnade kring större plagioklas- och augit-kristaller. Näsby östra gång. Prep. 101. Förstoring 19 ggr.
 - » 6. Brun glasboll med mandel av kalcit och isotropt mineral. Näsby östra gång. Prep. 51 b. Förstoring 32 ggr.
-

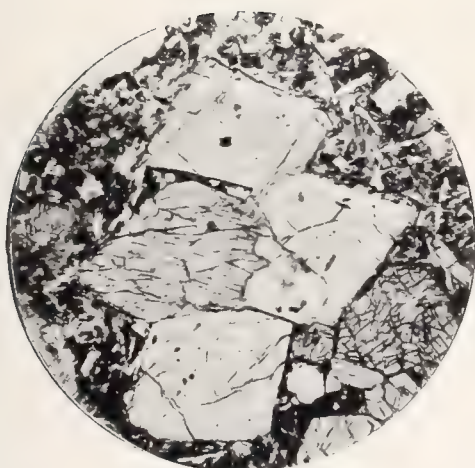
TAVLA II.



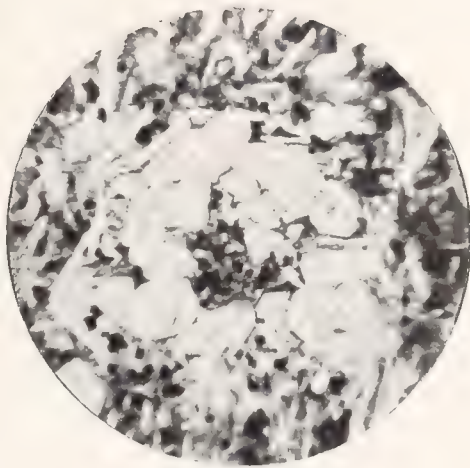
1



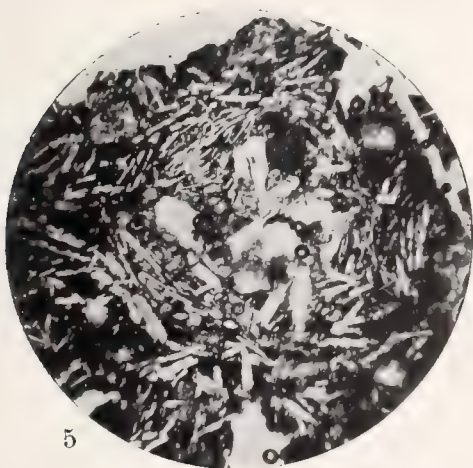
2



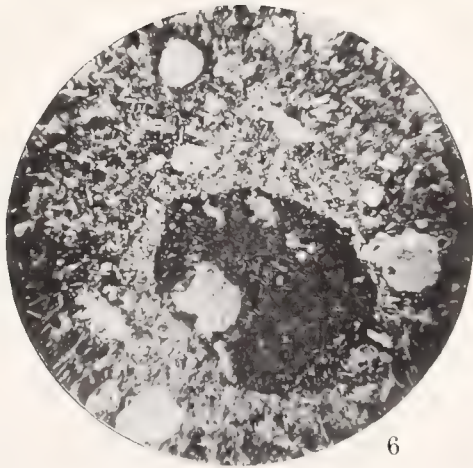
3



4



5



6

A. Hadding, foto.

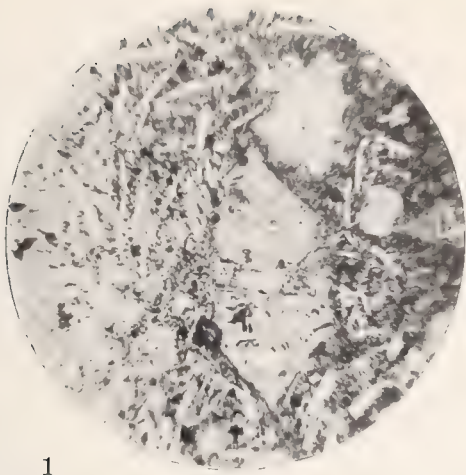
HÅKAN OHLSSONS
• BOKTRYCKERI •

TAVLA III.

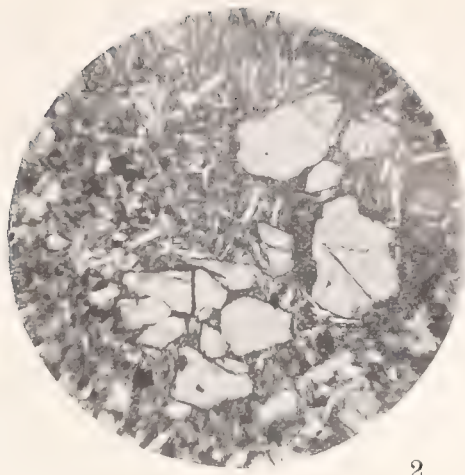
Förklaring till tavla III.

- Fig. 1. Olivin-kristall, helt omvandlad i serpentin och kalcit. Näsby mellersta gång. Prep. 58. Förstoring 25 ggr.
- » 2. Olivin-kristaller med kärnpartier av rombisk pyroxen(?) Jfr textfig. 5 b. Näsby östra gång. Prep. 51. Förstoring 34 ggr.
 - » 3. Hornblende. Tolånga sydvästra gång. Prep. 9. Förstoring 35 ggr.
 - » 4. Parallelt ordnade hornblendestänglar i ljus glasmassa, övergående i normalt utbildad melafyr. Näsby västra gång. Prep. 113. Förstoring 56 ggr.
 - » 5. Hornblende: upptill små kristaller med kloritrand, nedtill större kristaller utan dylik. Tolånga sydvästra gång. Prep. 15. Förstoring 150 ggr.
 - » 6. Mörkbrun glasboll med mandel av kalcit (övre grå delen) och isotropt mineral. Tolånga sydvästra gång. Prep. 25. Förstoring 19 ggr. Nic. + Kompensator: grönt 2. ordn.
-

TAVLA III.



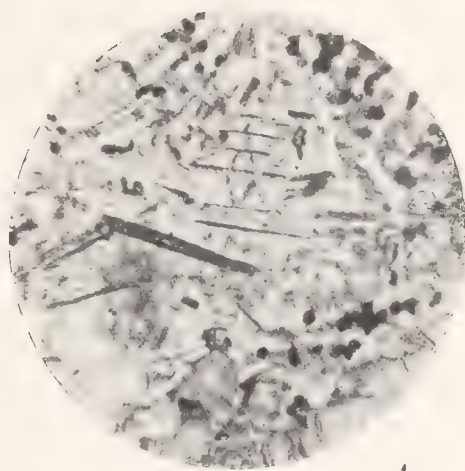
1



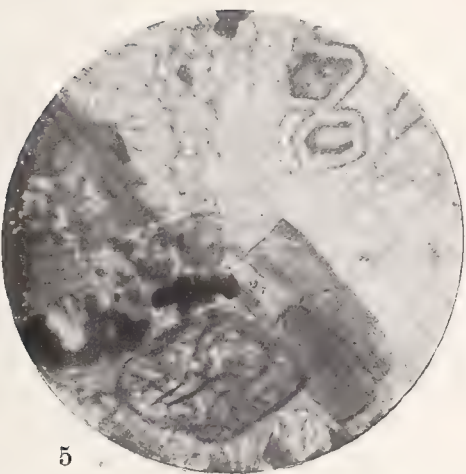
2



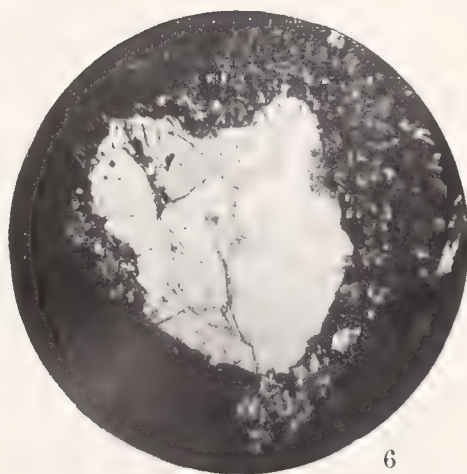
3



4



5



6

A. Hadding, foto.

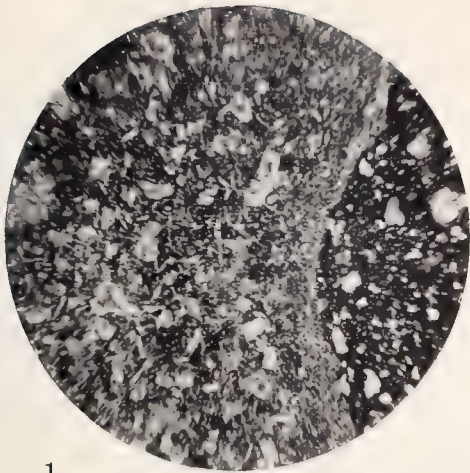
HÅKAN OHLSSONS
BOKTRYCKERI

TAVLA IV.

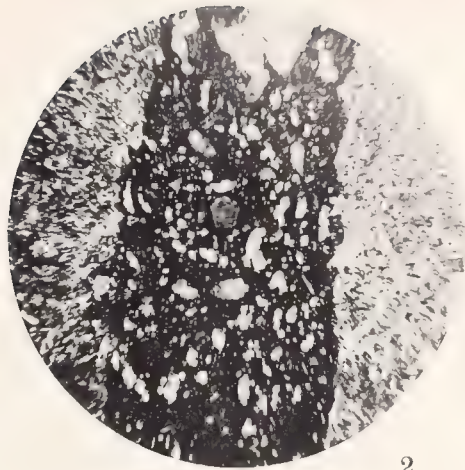
Förklaring till tavla IV.

- Fig. 1. Gräns mellan melafyr och bandformig inneslutning med grundmassa av mörkbrunt glas. Näsby västra gång. Prep. 50 b. Förstoring 11 ggr.
- » 2. Melafyr med »ådra», rik på mörkbrunt glas. Samma prep. som föregående. Förstoring 19 ggr.
 - » 3. Del av kalcedonmandel med inneslutna kalcitkristaller. Tolånga nordöstra (större) gång. Prep. 123. Förstoring 19 ggr.
 - » 4. Samma som föregående. Nic. +.
 - » 5. Kalcedonmandel. Tolånga nordöstra (större) gång. Prep. 17. Förstoring 10 ggr.
 - » 6. Tre små mandlar: undre av klorit, övre av klorit med kalcit, mellersta (högra) av kalcit med kloritränd. Näsby mellersta gång. Prep. 113. Förstoring 25 ggr.
-

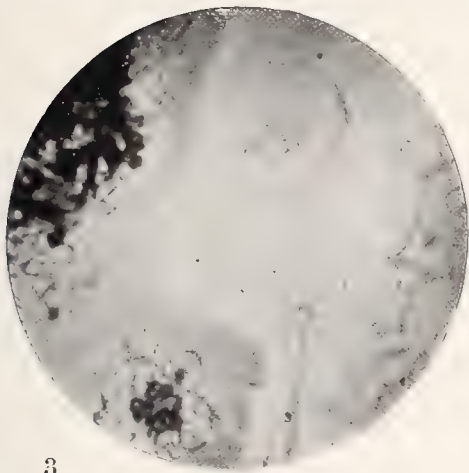
TAVLA IV.



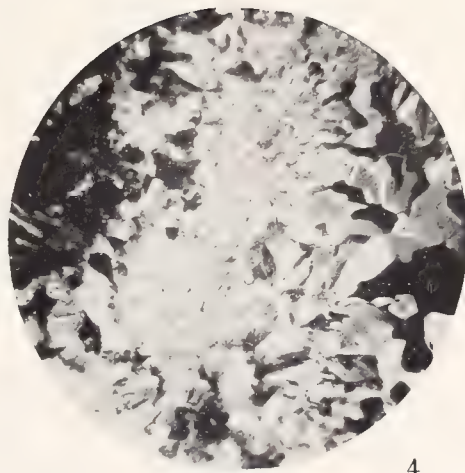
1



2



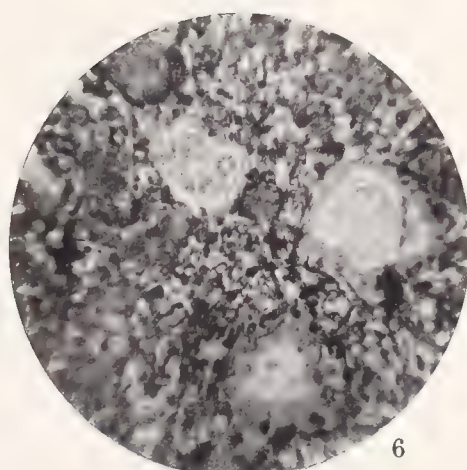
3



4



5



6

A. Hadding, foto.

HAKAN OHLSSONS
• BOKTRYCKERI •

STUDIER

ÖVER

SKOGSGRÄNSERNA I NORRA DELEN AV LULE LAPPMARK

AV

JOHN FRÖDIN

MED 3 TAVLOR OCH 10 TEXTFIGURER



LUND

C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG

OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 17 maj 1916.

LUND 1916
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

Inledning.

Föreliggande arbete är grundat på studier i fältet somrarna 1910—1915. Under mina resor i trakterna omkring St. Lule älvs källsjöar åren 1910—1913, vilka resor voro ägnade åt studiet av områdets naturgeografi, utfördes även ett stort antal observationer beträffande skogsgränsernas nivåförhållanden. Våren 1914 publicerade jag de resultat, till vilka jag kommit beträffande områdets terrängformer (JOHN FRÖDIN, Geografiska studier i St. Lule älvs källområde, Sverges Geol. Undersöknings Årsbok 7 [1913]), men då skogarnes regionala utsträckning i ett om-
råde sådant som ifrågavarande är av fundamental betydelse för dess geografiska karaktär och ytterst litet ännu var känt rörande dessa förhållanden i norra delen av Lule Lappmark, fortsatte jag även sommaren 1914 att studera denna sida av områdets geografi och ägnade mig åt att insamla det material, som ännu fattades för bedömandet av de faktorer, vilka betinga skogsgränsernas läge. Så utfördes bl. a. supplerande barometeravvägningar i området.

Jag fann emellertid snart, att det var nödvändigt utsträcka arbetena längre österut, emedan förhållandena på de isolerade lågfjällen i barrskogsområdet tydligen voro av betydelse för problemet. I slutet av sommaren 1914 studerades därför skogsgränserna på fjällen i Gellivare-trakten och omkring järnvägen norrut till Harrå station. I juni följande år fortsattes dessa arbeten, i det skogsgränserna barometeravvägdes på lågfjällen söder om Kalix älv och omkring Kaitum älv. Slutligen undersöktes i augusti 1915 lågfjällen O om Gellivare, varvid arbetet utsträcktes ända till det egendomliga enstaka lågfjället Teletöisentunturi nära gränsen mellan Lule Lappmark och Västerbotten.

Höjdbestämningsarna hava verkställts med tillhjälp av en Bohnes aneroidbarometer, avläsbar på 0,1 mm när. Avvägningarna äro endast i undantagsfall utförda över längre avstånd. I allmänhet hava fixpunkterna blott legat en kvarts eller 20 minuters marsch från skogsgränsen. Som fixpunkter hava i lågfjällsområdet topparna tjänstgjort, vilkas nivå är utsatt å kartorna. I de övriga delarna av undersökningsområdet hava däremot som sådana sjöytorna tjänat, vilka såsom jag förut nämnt, mestadels äro nivellerade (8, s. 108). Merendels har varje punkt

avvägts två gånger, och då naturligtvis å varje barometervärde korrektion för temperaturen på vanligt sätt utförts, torde de av mig vunna värdena i allmänhet ej visa större fel än ett par meter.

I de av mig kartlagda områdena (se 8, tavl. 7 och 8) hava skogsgränserna i hela sin utsträckning avvägts med tillhjälp av Elfvingss spegel och i vissa fall t. o. m. tubnivellerats.

Någon direkt ledning vid studiet av skogsgränsernas nivå lämnar icke den över området tillgängliga kartan (Norrbottens läns kartverk). Medan man för vissa högländsområden i utlandet vid skogsgränsstudier kunnat å förefintliga kartor avläsa skogsgränsernas nivå å varje punkt och sålunda på ett synnerligen bekvämt sätt erhållit deras medelhöjd, är t. ex. ett sådant utnyttjande av Norrbottenskartan uteslutet.

Det är i två hänseenden som denna karta alltför mycket brister i noggrannhet, för att något sådant skulle vara möjligt. Dels äro dess uppgifter angående skogsområdets såväl regionala, som zonala utsträckning otillförlitliga. Flagrant exempel härpå finner man just i Lule-området. Så anger densamma att det 9 å 10 km^2 vida näset mellan Teusajaure¹ och Ketsak är täckt av björkskog. Vid min marsch över detsamma den 18. juli 1913 kunde jag emellertid icke upptäcka ett enda björkbestånd å dalbottnen. — På samma sätt uppger kartan att Vuojatädnos dal på hela sträckan mellan Kåtjasjaure och Salojaure är skogtäckt. I själva verket är den skoglös. — Rörande orsaken till dessa markanta oriktigheter är det svårt att yttra sig.

Dels är också höjdbeteckningen å kartan alltför svävande. De s. k. höjdkurvorna i fjällregionen äro i verkligheten knappast sådana utan avse blott att ungefärligen angiva, i vilken riktning och i vilken grad terrängen sluttar. I gränstrakterna, där oriktigheterna äro störst, kan man i själva verket genom att lita på kurvorna feltaxera vertikaldistanserna med ända till inemot 50 % på en nivåskillnad av 150 *m*. Det händer t. o. m. att kurvorna högt ovanför skogsgränsen »kila ut» — utan vidare upphöra.

Men även beträffande de isolerade lågfjällen äro kartorna mycket missvisande. Genom avläsning av »kurvorna» kan man här för skogsgränsens nivå erhålla fel på 60—80 *m*.

För den som är något förtrogen med Norrbottenskartan är det alltså tydligt, att man ej genom TH. C. E. FRIES' förfaringssätt — interpolation på kartan mellan två fixpunkter å ömse sidor om skogsgränsen (5, s. 162) — kan erhålla betryggande värden för dennas höjd. Givetvis leder också varje försök att med kartans tillhjälp uppmäta de olika regionernas areal till mycket ungefärliga resultat. Detta gäller framför allt de lågfjäll, som uppvisa små fjällkalotter. En osäkerhet be-

¹ Av praktiska skäl bibehålles även i detta arbete kartans transkription av de lappska och finska namnen.

träffande diametern av en sådan, förorsakad av att gränsens läge är ovisst, betyder ju eventuellt en ännu mycket större felprocent beträffande arealen ¹.

Då det gäller att fastsälla sambandet mellan klimatet och skogsgränserna, borde man helst — i likhet med IMHOFF (22) — räkna med medelvärden för dessas höjd, sedan man bortsett från partier, som äro edafiskt nedpressade t. ex. genom försumpningar, klippmark eller bergbranter. Medelnivån torde nämligen utgöra ett jämförelsevis gott uttryck för det allmänna klimatets inflytande på dessa vegetationsgränser. Som jag nämnt, låter det sig emellertid icke göra att med kartans hjälp beräkna nämnda medelvärden, och det är nästan omöjligt för en ensam person att genom mätningar i terrängen skaffa sig dylika för större områden. Jag har därför sett mig nödsakad att ersätta dem med värden för den s. k. övre skogsgränsen, som erhålles genom att man endast tar hänsyn till skogsgränsens högsta punkter på varje fjällsluttning eller dalsida. Som jag i min framställning skall visa, är denna metod visserligen behäftad med svåra olägenheter. F. n. är den dock den enda användbara, och i den följande framställningen är det alltså den övre skogsgränsen som avses, när ej annat uttryckligen angives.

Vid utförandet av de undersökningar, vilkas resultat här publiceras, har materiellt understöd och välvilligt intresse kommit mig till del från många håll. Så står jag i tacksamhetsskuld till Styrelsen för Abisko naturvetenskapliga station, vid vilken jag bereddes tillfälle att sommaren 1915 utföra de termoelektriska undersökningarna. Av medicinsk-fysiologiska institutionen i Lund erhöll jag genom dess prefekt professor T. Thunberg till låns den stränggalvanometer, med vilken nämnda undersökningar utfördes. Professor H. Hesselman har meddelat en del höjduppgifter rörande skogsgränserna på lågfjällen i Lule Lappmark, vilka uppgifter voro av värde i och för jämförelse med mina egna höjdsiffror, samt lämnat ett par vackra fotografier, vilka här reproduceras. Av Lunds universitets geografiska institution har jag erhållit lån av instrument o. s. v. Till alla, nämnda som onämnda, riktas här ett värdsamt tack.

¹ Detta gör t. ex. värdet av STEN DE GEERS uppmätning av dalafjällens areal mycket tvivelaktigt (32, s. 337).

Björkskogsgränsen.

Björkskogsgränsens förlopp.

Såsom jag i ett föregående arbete nämnt (8, s. 13—19), kan man i det här avhandlade området urskilja ej mindre än trenne från NO till SV förlöpande zoner. Den sydöstligaste eller lågfjällszonen utgöres av inre Lapplands svagt vågformiga urbergsplatå, som här når sådan höjd, att först endast topparne av de högsta kullarna och ryggarna, längre i NV även själva bergsidorna och slutligen också större delen av terrängen nå över skogsgränsen. NV om detta område anträffas högfjällszonen. Den utmärker sig för betydligt större höjd, djärvare former och djupare och trängre dalar än den förra. Slutligen utbreder sig NV och på andra sidan om den högsta fjällryggen det västliga fjällområdet eller kölizonen, karakteriserad av lägre medelnivå, mjukare former och öppnare dalar än den förra samt utpräglad skogslöshet. På grund av de stora morfologiska, klimatiska och växtgeografiska olikheter som dessa zoner uppvisa, torde det vara lämpligt att även i den följande framställningen bibehålla denna indelning. Dock behandlas skogsområdet med de isolerade lågfjällen längst i O som en särskild zon, varjämte förhållandena i ännu en femte, nämligen trakterna V om huvudvattendelaren, i korthet diskuteras.

De isolerade lågfjällen i östra och inre Lappland.

Såsom förposter till det stora sammanhängande östliga lågfjällsområdet kan man uppfatta de isolerade lågfjäll; som resa sig över skogarnes och myrarnes vidsträckta bälte i inre Lappland. I själva verket utgöra de de högsta krönen av urbergsplatåns bergkullar och bergåsar, där dessa nå tillräckligt hög nivå för att skjuta upp över skogsgränsen. Liksom hela områdets vertikaltopografi äro deras konturer mycket mjukt utmodellerade (se fig. 1); endast enstaka av dem, t. ex. Appovare och Syd-Stubbas högsta parti (se fig. 2) hava en mera markerad kägelform. Inom den 80 km breda zon, i vilken de förekomma, äro de ganska ojämnt fördelade. Längst i O uppträda de mera enstaka men sammansluta sig längre mot V i grupper.

Gemensamt för dem alla är, att björkregionen har en mycket ringa vertikal bredd. Längst i O saknas den t. o. m. alldeles, och björkskogsgränsen ligger lägre än barrskogsgreänsen. Belysande exempel härpå är det 648 *m* höga fjället Tele-töisentunturi 50 *km* ONO om Gellivare. Å detta går björken på sydsidan som en- eller flerstammigt, manshögt träd i verkliga bestånd¹ upp till 538 *m* Ovanför denna nivå förekommer den blott som buske (»buskträd». Se LINDMAN 26, s. 241) alltmera tunnsådd till en nivå av 620 *m*, där det sista fullständigt isolerade björkindividet anträffas. Det har en höjd av 0,5 *m*. Det översta glesa beståndet av trädformig tall når däremot 563 *m* ö. h. och den översta tallplantan, som har en höjd av 0,6 *m*, 631 *m* ö. h.



H. Hesselman foto 7/7 1913.

Fig. 1. Pjälloäive sett från Allavare. Typiskt lågfjäll nära Lina älvs station i Gellivare-trakten.

På liknande sätt förhåller det sig å Nautanens långa bergrygg, som ej reser sig högre än 555 *m* ö. h.² Längs nästan hela krönet finnas glesa tallbestånd med 0,6—0,8 *m* höga björkbuskar som undervegetation. Trädformig björk går här ej högre än 533 *m* ö. h.

Utom dessa finnes det ett antal lågfjäll, på vilka björk- och barrskogsgreänserna sammanfalla eller björkskogsregionen är synerligen obetydlig; dess övre gräns är då vanligen belägen på jämförelsevis låg nivå. De kunna jämte de nyssnämnda

¹ Den linje, vid vilkén denna björktyp upphör, uppfattas i den följande framställningen som björkregionens övre gräns.

² Höjdsiffran å kartan markerar ej högsta toppen.

sammanfattas under benämningen den sydöstra gruppen, emedan de så gott som alla tillhöra zonens sydöstra del.

Längre i NV och närmare de sammanhängande lågfjällen träffar man isolerade lågfjäll med något högre björkskogsgräns och stundom mäktigare björkregion. Å vissa av dem är densamma dock betydligt reducerad, till följd av att granen trängt upp längs fjällsidorna. Dessa lågfjäll fördela sig på två grupper, nämligen dels lågfjällen omkring St. Lule Vatten, dels den norra gruppen mellan Gellivare och Kalix älv.



H. Hesselman foto 27/8 1904.

Fig. 2. Lågfjället Syd-Stubba mellan Gellivare och Porjus.

Alla värdena i tab. 1 avse den övre björkskogsgränsen på sydsluttning. — En del berg äro på kartan betecknade som lågfjäll, ehuru de i själva verket ligga under skogsgränsen. Till dessa höra Pikku Kuorainen och Sverko. Andra uppvisa björkskog ända upp på toppen på sydsidan, medan den motsatta i sin övre del företer en liten »fjällregion». Sådana fjäll äro Kuorainen, Hirvasrova och Anasvare. I dylika fall får det betecknas som oavgjort, om icke den övre björkskogsgränsen skulle ligga högre, såvida fjället självt nådde större höjd. Slutligen är det givet att som lågfjäll icke kunna uppfattas sådana skogsberg, som sakna skog på topparna, till följd av att dessa enbart bestå av fast berg utan någon som helst jordbetäckning.

Av tab. 1 framgår den mycket tydliga differens beträffande björkskogsgränsens nivå, som förefinnes mellan å ena sidan medelvärdet för den sydöstra gruppens lågfjäll och å den andra den norra gruppens och Lule-Vatten-gruppens.

På följande av de isolerade lågfjällen har jag verkställt direkta mätningar över björkskogsgränsens nivå.

TAB. 1.

Den övre björkskogsgränsens nivå på de isolerade lågfjällen å sydsluttningar.

| | Björkskogs- gränsens nivå | Fjällets abso- luta höjd. | | Björkskogs- gränsens nivå | Fjällets abso- luta höjd |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <i>Sydöstra gruppen.</i> | | | <i>Norra gruppen.</i> | | |
| Teletöisentunturi | 538 | 648 | Sverkovare | 640 | 645 |
| Nautanen | 533 | 555 | Kuorainen | 636 | 636 |
| Hirvasäive | 605 | 700 | Linaäive | 650 | 664 |
| Hirvasrova | 611 | 611 | Jäkkalavare | 660 | 738 |
| Patjanen | 622 | 685 | Tjärro Kiabble | 645 | 818 |
| Välkomman (Malmber- get) | 604 ¹ | 617 | Råve Kiabble | 639 | 700 |
| Pjälloäive | 620 | 634 | Palkesäive | 633 | ? |
| | | | Tabmokäive | 649 | 687 |
| Medelhöjd | 590 m | 636 m | Tjutekåbbo | 648 | 648 |
| <i>St. Lule-Vatten-gruppen.</i> | | | Tjärroketje | 616 | 783 |
| Gellivare Dundret | 660 | 823 | Saivotjäkko | 618 | ? |
| Nietsakeskåbbo | 647 | 686 | Kurravare | 630 | 634 |
| Syd-Stubba | 650 | 661 | Tjiskavare | 624 | 713 |
| Ananasvare | 631 | 631 | | | |
| Vuosmavare | 633 | 650 | Medelhöjd | 631 m | 697 m |
| Stuor Talput | 615 | 709 | | | |
| Nabrivare | 620 | 637 | | | |
| Appovare | 664 | 767 | | | |
| Medelhöjd | 640 m | 695 m | | | |

Den nivåskillnad på 40 å 50 m, som tabellen utvisar för björkskogsgränsen å de olika grupperna, synes korrespondera med en motsvarande nivåskillnad för själva fjällen. Vid närmare granskning av de särskilda fallen finner man emellertid undantag från denna regel, i det att växlingarna uti björkskogsgränsens nivå från fjäll till fjäll icke ens alltid gå i samma riktning som beträffande fjällens absoluta höjd.

Liksom på Teletöisentunturi och Nautanen är björkskogsgränsen även på de övriga isolerade lågfjällen vanligen svagt markerad, emedan björkskogen uppåt långsamt övergår i en björkbuskvegetation av växlande bredd. Å somliga låga fjäll når denna upp på själva toppen, så att de i själva verket sakna verklig *regio alpina*, ehuru de nå över den egentliga skogsgränsen. Detta gäller t. ex. om Nabrivare, på vars sydsida de översta 17 meterna äro klädda av björkbuskar, som uppåt avtaga i höjd och på topp-planen bli nästan krypande men i dess gropar och skrevor bibehålla formen av upprätta buskar. På dylika lokaler varsnar man tydligt, hurusom det just är närheten till toppen som förvandlar björkskogens översta del till buskvegetation och således trycker ned själva björkskogsgränsen. I dessa fall influerar alltså fjällens absoluta höjd på dess nivå.

¹ FRIES uppger 610 m (5, s. 172).

Den sammanhängande lågfjällszonen.

De västliga isolerade lågfjällen uppvisa i allmänhet en vidsträcktare fjäll-region än de östra. Ännu längre i NV, omkring St. Lule Vattens mellersta och nordvästra delar breder *regio alpina* ut sig ytterligare, så att de isolerade lågfjällen sammansmälta till milsvida, sammanhängande fjällvidder. Utom i detta hänseende skiljer sig denna zon från de föregående genom sitt vidsträckta björkskogsområde. *Regio subalpina* upptager här ställvis t. o. m. 50 % av landytans areal d. v. s. ett större parti än i någon annan zon. Det är egentligen endast här som man kan tala om verkliga *subalpina* skogsvidder. Så har björkbältet på nordöst- och östsluttningarna av Apakes, Valle och Ultevis en bredd av 4—6 km. Denna stora horisontella utsträckning beror på två omständigheter, nämligen dels på att terrängen i björkbältet sluttar ytterst obetydligt, dels på att dess vertikalbredd är större än i föregående zon.

Det är nämligen påfallande, att björkskogsgränsen hastigt stiger just vid övergången från de isolerade till de sammanhängande lågfjällens zon. Medan den på Appovare blott når 664 m, ligger den på det strax intill belägna Saivotjåkko 696 m ö. h., och under det att densamma på Pareåive S om Lule Vatten torde hålla sig under 650 meters-nivån, stiger den redan på sluttningarna av Valle till 724 m. Längre i NV sjunker den något av olika anledningar. Så träffas den å det isolerade Mattok på 687 m, och från detta fjäll har jag medels spegelsyftning bestämt dess nivå på Luspénåives NO-sida till 666 m. Ännu längre mot NV sjunker dess nivå ytterligare, särskilt på Ultevis' N- och NNO-sluttningar. På N-sidan av Puollamtjåkko är den nedpressad av klippstup och rasmarker.

På de å Luledalens motsatta sida belägna fjällvidderna bibehåller den övre björkskogen emellertid sin nyssnämnda betydliga höjd. Dock är detta ej alltid fallet beträffande själva huvuddalens sidor. Så ligger den på S-sluttningarna av Koinosatjåkko, Juovapokvarats, Rappokvare, Suppats och Juobmovarats under en nivå av 600—650 m, men på de bakom dessa fjäll belägna ofta skålförmiga fjällslätterna finnas isolerade dungar, som stiga betydligt högre t. ex. på Helka (704 m) och bakom Juobmovarats (698 m). Den övre björkskogsgränsen får därför uppfattas såsom lokaliserad till dessa.

TAB. 2.

Den övre björkskogsgränsens nivå på de sammanhängande lågfjällen.

| | Exposition | Björkskogs- gränsens nivå | | Exposition | Björkskogs- gränsens nivå |
|-------------------|------------|------------------------------|---|------------|------------------------------|
| Valle..... | S, SO, SV | 724 | Fjällslätt mellan Pa- rokware o. Suppats | S | 681 |
| Saivotjåkko..... | SV | 696 | D:o bakom Juobmo- varats | S | 698 |
| Mattok | S | 687 | | | |
| Luspenåive | NO | 666 | | | |
| Anutjåkko..... | S | 685 | Medelhöjd (bortsett fr. Luspenåive) ... | | 694 |
| Tapmektjåkko..... | SV | 681 | | | |
| Helka..... | S | 704 | | | |

Den övre björkskogsgränsens nivå är alltså i stort sett densamma genom hela zonen, och dess medelhöjd är 50 à 60 *m* högre än i den föregående. En annan olikhet består däri, att ett björkbuskbälte ovanför skogsgränsen är sällsynt och endast uppträder med ringa bredd.

Slutligen uppvisa de båda zonerna en stor differens beträffande den absoluta nivåvariationen. Denna betecknar skillnaden mellan det högsta uppmätta värdet för den övre skogsgränsen och det lägsta värde, som överhuvud erhållits för den klimatiska (ej edafiskt el. orografiskt nedpressade) gränsen i området (zonen). Det lägsta värdet för den klimatiska björkskogsgränsen på de isolerade lågfjällen torde träffas på Nautanen med 530 *m*, det högsta å Appovare med 660 *m*. Detta ger en absolut nivåvariation på 130 *m*. I det sammanhängande lågfjällsområdet sjunker den klimatiska björkskogsgränsen t. ex. vid Saltoluokte (se fig. 4, s. 36) och flerstädes på Ultevis' nordsluttning till 500 *m* ö. h., och detta giver jämfört med gränsens nivå på Valle (724 *m*) en absolut nivåvariation om 224 *m*. Detta värde är i själva verket av en viss betydelse. Det visar nämligen, att lokalklimatet växlar starkare här än i föregående zon. I verkligheten äro växlingarne nog ännu större, än vad skillnaden mellan dessa siffror synes ange. Värdet 130 är nämligen ej endast betingat av lokalklimatiska inflytelser utan även av olikheter beträffande de allmänna klimatförhållandena (jfr. gruppindelningen!) Ett exakt värde för den lokalklimatiska modifikationsfaktorn i varje zon skulle erhållas genom medelvärdet för den lokala nivåvariationen, d. v. s. medelvärdet för den klimatiska björkskogsgränsens variation¹ å alla eller de flesta fjällen. Tyvärr medger icke mitt material en beräkning av detta värde, och tack vare kartornas otillförlitlighet kan det ej heller erhållas med deras tillhjälp. Men skillnaden mellan dessa medelvärden i de båda zonerna är säkerligen större än beträffande den absoluta nivåvariationen².

¹ D. v. s. differens mellan den högsta och lägsta punkten.

² Den övre björkskogsgränsens nivåvariation (= differensen mellan den övre björkskogsgränsens högsta och lägsta värden inom en och samma zon) är däremot av underordnat intresse, emedan den huvudsakligen är betingad av tillfälliga ojämnheter hos lokalklimatet.

Högfjällszonen.

Vid övergången från lågfjälls- till högfjällszonen företer den övre björkskogsgränsen åter en om än ringa stigning, nämligen från 698 *m* bakom Juobmovarats till 710 *m* på Juobmotjåkko's sydsida. På Tjäpores O om Luleb Kirkao har HAMBURG funnit de översta björkarne på en nivå av 700 *m* ö. h. (14, s. 254). På sistnämnda fjäll torde den ligga på ungefär samma nivå, och å Alleb Kirkaos sydvästsida har jag bestämt dess höjd till 680 *m*. På alla tre lokalerna gäller det emellertid glesa dungar, som äro isolerade från den sammanhängande björkregionen och alltså av samma art, som de jag beskrivit från lågfjällsområdet. Liksom där når björkregionen på sluttningarna mot Lule-dalen ej samma höjd utan t. ex. vid Saltoluokte blott 650 *m*, på Tuolpavarats 580 *m*, och ovanför Roiskaluokte 640 *m*. Nivådifferensen mellan dessa tre lokaler och de föregående beror på lokalklimatisk inverkan.

På det N om St. Sjöfallet belägna Nieras går björkskogen tungformigt upp till ganska hög nivå i bäckdalarna t. ex. på sydsidan av Karanestjåkko till 695 *m*¹ och längs Jollmejokkots till 687 *m*. I allmänhet ligger dock gränsen här åtminstone 100 *m* lägre. På sluttningarna av Jollmepakte och Karnilapakte är den orografiskt nedpressad, för att åter längre V-ut mellan sistnämnda fjäll och Vakotavare samt vid Laksejokk tungformigt skjuta upp mot 700-meters-nivån. Liknande uppskjutande flikar av björkskogen anträffas även på dalens motsatta sida t. ex. mellan Napal och Attjek, där den enl. HAMBURG (14, s. 54) når upp till 720 *m*, på Napals SO-sida t. o. m till 730 *m*; 5 *km* längre västerut finnes en liknande tunga omkring Stuodajokk vilken når 715 *m*.

I högfjällsområdets västra del äro Lule-dalens sidor synnerligen jämna, och björkskogsgränsen företer uppenbarligen av denna anledning en mindre flikig och mera rättlinjig prägel. Särskilt är detta fallet på NV-sidan, där den på hela den 17 *km* långa sträckan mellan Maukovare och Pirvitakka konstant håller sig på nivån 706—728 *m*.

TAB. 3.

Den övre björkskogsgränsens nivå i högfjällszonen.

| | Exposition | Björkskogsgränsens nivå | | Exposition | Björkskogsgränsens nivå |
|---|------------|-------------------------|---------------------------------|------------|-------------------------|
| Tjäpores | S | 700 | Maukojokk | SV | 712 |
| Juobmotjåkko | SSO | 710 | Suolokajokk | SV | 706 |
| Alleb Kirkao | SV | 680 | Rajvotjåkko | SV | 710 |
| Karanestjåkko (Nieras) | S | 695 | Stuodajokk | NO | 715 |
| Jollmejokkots | SV | 687 | Dalsidan SV om Luleåporro | NO | 680 |
| Dalföre mellan Vakotavare och Nieras | S | 705 | Pirvitakka | S | 728 |
| Laksejokk | SSV | 690 | | | |
| Napal (enl. 14, s. 254) | SO | 730 | Medelhöjd | | 704 <i>m</i> |
| Dal mell. Attjek o. Napal (enl. 14, s. 254) ... | — | 720 | | | |

¹ CLEVE-EULERS värde 740 *m* (3, sid. 504) torde vara för högt för att gälla skogsgränsen.

Medelnivån för övre björkskogsgränsen är i högfjällszonen alltså blott 10 *m* högre än i det sammanhängande lågfjällsområdet. Av tab. 3 framgår dessutom att den hela högfjällszonen igenom tyckes ligga på i stort sett samma nivå, vilket synes överensstämma med de resultat, till vilka HAMBERG nyligen kommit (14).

Den absoluta nivåvariationen i denna zon är ej mindre än 230—240 *m*. Den klimatiska skogsgränsen går nämligen på vissa fjällsluttningar omkring Kårtjejaure och Suorvajaure ned till 490 à 500 *m*. Likaledes torde medelvärdet för den lokala nivåvariationen vara större än i föregående zon, allt angivande stor ojämnhets hos lokalklimatet.

Den västliga fjällzonen.

Denna zon skiljer sig från den föregående bland annat därigenom, att inga andra skogar finnas här än *subalpina*. Barrskogen upphör nämligen redan i högfjällsområdet. Björksregionen når därför ända ned i dalbottnarne, och dess vertikala bredd blir avsevärd i O, där den övre skogsgränsen ligger på ungefär samma nivå som å de intill stötande högfjällen. Karaktäristiskt är emellertid att dalbottnarna hastigt stiga mot V, och att skogsgränsen faller i samma riktning. Härav blir följden att björkregionen snart »kilar ut» i V. Skogsgränsens hastiga sänkning mot V framgår av tab. 4.

TAB. 4.

Övre björkskogsgränsens nivå i den västliga fjällzonen.

| | Exposition | Björkskogs- gränsens nivå | | Exposition | Björkskogs- gränsens nivå |
|------------------------|------------|------------------------------|-------------------------|------------|------------------------------|
| Julletjåkko..... | SSO—SO | 725 | Stuor Seggok..... | V | 596 |
| Pålnotjåkko..... | SO | 716 | Svaltjajokk (enl. 14 s. | | |
| Åiveketjetjåkko..... | S | 701 | 250)..... | NO | 635 |
| Terrasser vid Kisuris- | | | Littak..... | SV | 628 |
| jokk..... | NV | 645 | Tjärok..... | SV | 618 |
| Snjuttjotes korso..... | O, V | 680, 665 | Skejatjåkko..... | SO | 646 |
| Stuor Seggok..... | SV | 652 | »..... | SV | 580—600 |

På grund av den starka nivåvariationen hos den övre björkskogsgränsen är ett medelvärde här utan betydelse. Gränsens sänkning mot V utvisar en hastig förändring av det allmänna klimatet i denna riktning. Den absoluta nivåvariationens stora belopp — mera än 200 *m* — behöver därför icke tolkas som ett symptom av stora olikheter hos lokalklimatet. Emellertid finnes det en annan omständighet — som visar att detta verkligen är av mycket växlande karaktär. Medelvärdet för den lokala nivåvariationen är nämligen utan tvivel mycket stort — kanske större än i någon annanzon. Pålnotjåkko uppvisar ju en differens mellan SO- och NV-sidan på 80 *m*. Vid Snjuttjoteskorso träffar man isolerade björkdungar, som alltså markera den övre björkskogsgränsen, på 665—680 meters höjd, medan skogsgränsen på V-sidan av de längre norrut belägna terrasserna ej når högre än

575 *m.* För skogsgränsen på O- och V-sidan av Kåtjasjaure finnes en nivåffferens på åtminstone 125 *m* o. s. v.

Av intresse är den nivå, för vilken björkskogen överhuvud upphör i V. Rikkiälvens dalbotten mellan Skejatjåtkko och Kaisemuora är skogklädd ända upp emot Suorkesjön, men skogen upphör strax nedanför denna. På sydsluttningen av det förstnämnda fjället fortsätter den dock kilformigt c:a 1 *km* längre mot NV, tills den slutar med en spets på c:a 580 meters höjd, 60 *m* över dalbotten. Detta fall bildar alltså en parallell till, vad GAVELIN (11) och HAMBERG (14, s. 247) skildrat från Sarekområdet. I Vuojatädnos dal slutar skogen vid Kåtjasjaure, alltså 531 *m* ö. h., ehuru den på den närbelägna Åiveketjetjåtkko når 701 *m*. Dock finnes på Salojaures nordsida någon björkbuskvegetation och på sydsluttningen av Tjårgesvare mellan sistnämnda sjö och Numirjaure t. o. m. några förkrympta träd 580 *m* ö. h. I Teusadalen åter slutar björkskogen på sydsidan av Autajaure, alltså på en nivå av 580—600 *m*. Dock finnes längre i NV på SO-sluttningen mot Ket-sak, björkskog till något större höjd.

En zon om 5—25 *km:s* bredd längs huvudvattendelaren är alltså fullkomligt skoglös, och tvivelsutan beror detta på klimatiska förhållanden. Men det måste även framhållas, att edafiska orsaker säkerligen medverka härtill, och att en nämnvärd utbredning av skogen här i alla händelser är omöjlig till följd av edafiska faktorer. Såsom jag på annat ställe skildrat (8, s. 114) är nämligen berggrunden här frispolad i stor utsträckning, så att hela landskapet har karaktären av en vidsträckt klippöken (jfr 8, tavla 4; fig. 10, s. 48; fig. 29, s. 108; fig. 30, s. 109).

Det norska kustlandet.

På den norska sidan av huvudvattendelaren antaga dessa frispolningar av klippgrunden ett ännu större omfång än den på den svenska, i det att klippterängen därstädes ofta fortsätter ända ned till fjordarna, ja, till den yttre kusten. Skogen är för den skull ett undantagsfenomen, och det är omöjligt att enbart med ledning av kartorna avgöra, om de förefintliga skogsgränserna äro klimatiska eller edafiska. Under min marsch från Kebnekaise till Skjomen i juli 1915 träffade jag emellertid den översta björkskogstungan i Skjomens Sördal på 570 meters höjd¹. På den vidliggande fjällsidan går björkskogen cirka 20 *m* högre. I båda fallen är gränsen klimatisk.

Å kartbladet Nordfold kunna ett antal övre björkskogsgränser avläsas, som sannolikt äro klimatiska. Vidare har jag erhållit fotografiska kopior av under arbete varande konceptblad till de blivande gradavdelningsbladen M 10, M 11 och N 10, och å dem ha även några värden för densamma kunnat erhållas. De äro i tab. 5 uppräknade från O till V.

¹ Värde är dock något osäkert till följd av det långa avståndet till närmaste fixpunkt.

TAB 5.

Den övre björkskogsgränsens nivå i norska kustlandet.

| | Lokalens läge | Exposition | Björkskogs- gränsens nivå |
|---------------------------|-------------------|------------|------------------------------|
| Bekketjavre | S om Hellemobotn | N | 530 |
| Grundfjordbotn..... | SO om Tysfjord | N | 480 |
| Seimafjeld | V om Hellemofjord | N | 510 |
| Lotsviktind | Grundfjord | SV | 490 |
| Blomholla | Stedfjorden | S | 530 |
| Grønlikl | Hullö i Tysfjord | SO | 490 |
| 2 km. V om Strindfjeld... | SV om Sagfjord | S | 530 |
| Tveraasen..... | V om Sagfjord | SV, S, SO | 530 |
| Grøntind | Yttre Nordfolden | S | 420 |
| Stortind | » Stedfjorden | O | 400 |



J. Frødin foto 29/7 1915.

Fig. 3. Översta björkskogstungan i Skjomens Sördal, Nordlands amt.

De åtta första av dessa lokaler tillhöra det inre kustbältet, d. v. s. zonen omkring fjordarnes mellersta och inre delar. För detta uppger NORMAN (29), att björkskogens högsta nivå är 517 *m*, vilket ju ganska väl stämmer med värdena här ovan. Enl. samme författare når densamma i det yttre kustbältet (på fastlandet) 372 *m*, vilket tillnärmelsevis svarar mot värdena för Grøntind och Stortind, som ligga närmare den yttre kusten.

Nyligen har FRIES framhållit att björkskogsgränsens nivå på Fagernesfjeldet är anmärkningsvärt hög (550 *m*), och han hävdar att detta beror på att fjället självt är ovanligt högt (1436 *m*), varigenom isotermerna skulle förskjutas uppåt (5, s. 173). På fyra av de här ovan nämnda lokalerna når ifrågavarande vegetationsgräns dock i det allra närmaste lika högt (530 *m*), ehuru de äro belägna på mycket låga fjäll; den första lokalen ligger på det 1000 *m* höga Surgræslifjeldet, Blomholla når blott 848, Strindfjeld-lokalen 748 och Tveraasen 566 *m* ö. h. Det förefaller därför, som vore FRIES argumentation föga berättigad.

Sammanfattning.

I den ovan lämnade framställningen har jag visat att den övre björkskogsgränsen längst i O ligger på synnerligen låg nivå — 535–540 *m* ö. h. Därifrån stiger den långsamt c:a 100 *m* till gränsen mot det sammanhängande lågfjällsområdet. Vid övergången till detta höjes medelnivån plötsligt med 40 à 50 *m* och i högfjällszonen med ytterligare 10 *m* samt håller sig på denna nivå — c:a 705 *m* genom hela denna zon. V om densamma sjunker den åter ganska hastigt ett par hundra *m*, varigenom den kommer att ligga lägre än passpunkterna på huvudvattendelaren. På andra sidan om denna har den en nivå av 520–530 *m* men sjunker mot den öppna yttre kusten till 370 à 400 *m*.

Det är alltså tydligt att ifrågavarande gräns stiger från östra och inre Lappland in mot högfjällen, d. v. s. i samma riktning som landets allmänna medelnivå. Här måste det emellertid understrykas att det är den övre björkskogsgränsen, om vilken denna sats uttalas. De högsta värdena för densamma i de zoner där den går högst anträffas i allmänhet å isolerade, högt uppskjutande flikar eller tungor. Detta gäller t. ex. de höga värdena för Stuodajokk, Juobmotjåkko, Napal o. a. Även i Sarek synes detta vara förhållandet (14, s. 246, 254). Den klimatiska björkskogsgränsens medelnivå ligger däremot med stor säkerhet betydligt lägre. Å de isolerade lågfjällen i O är däremot skillnaden mellan medelnivån och den övre gränsen mycket liten, och detta antyder, att lokalklimatiska faktorer i betydligt högre grad influera på den senare i högfjällen än i den östligaste zonen. I alla händelser torde dock även medelnivån utvisa större höjd i det förra området än i det senare, även om skillnaden ej är så stor.

Vidare visar det sig att i det västliga fjällområdet den övre skogsgränsen redan på ett avstånd av 25 *km* från högfjällen visar lägre höjdvärden än å de isolerade lågfjällen i O, oaktat landets medelhöjd här i O är mycket lägre. Detta anger att en sänkning av denna gräns mot V gör sig gällande oavsett höjdförhållandena.

Björkskogsgränsen och de termiska faktorerna.

Den allmänna temperaturkurvan.

Att skogsgränserna stiga i samma riktning som landets medelhöjd har redan tidigt påvisats i Fennoskandia. Redan 1898 kontasterade nämligen R. HULT att regionsgränserna i finska Lappmarken ligga högre på högre fjäll än på lägre (20, s. 109), och 1904 gjorde V. BORG samma iakttagelse beträffande björkskogsgränsen (2, s. 71). Ingendera drog emellertid några vidare slutsatser av detta faktum.

Emellertid publicerade E. IMHOFF år 1900 en avhandling (22) vari han visade att regionsgränserna stiga från Alpernas yttre och lägre delar mot de inre och

högre, och han förklarade detta med, att isothermerna för dygnets varmaste del under sommaren stiga i samma riktning till följd av massupphöjningarna. Hans teori stöddes i viss mån av den undersökning över temperaturfördelningen i Schweiz under sommaren, som DE QUERVAIN offentliggjorde fyra år senare (30).

I vårt land fördes problemet år 1910 på tal av GAVELIN, vilken är den förste som påvisat en stigning av björkskogsgränsen från fjällområdets yttre och lägre delar mot de högre och centrala (11). Som orsak hänvisade han till massupphöjningarnas inflytande på isothermerna (11, s. 12). — År 1913 publicerade Т. Н. С. Е. FRIES en undersökning över den övre björkskogsgränsens nivå i Torne Lappmark och konstaterade liksom GAVELIN hade gjort för Kvikkjökkområdet, att en stigning gör sig gällande från de lägre till de högre områdena (5). Under hänvisning till IMHOFS och DE QUERVAINS resultat i Alperna hävdar han att fenomenet förorsakas av massupphöjningarna, som på samma nivå uppvisar en högre sommartemperatur än i angränsande lägre områden.

Då emellertid FRIES bevisföring verkar föga övertygande — han opererar bl. a. med godtyckliga gradientvärden — och analogislut beträffande långt åtskilda och mycket olikartade områden över huvud äro synnerligen osäkra och föga att rekommendera, ansåg jag det 1913 lämpligt att genom direkta undersökningar taga kännedom om sommartemperaturens fördelning på de olika höjdzonerna. För ändamålet uppställdes i området trenne termografer av J. Richards fabrikat med ett utslag av 1,5 mm per grad C och utrustade med cylindrar för 14 dagars gång. Var och en placerades i en termometerbur av internationell typ och försedd med dubbelt spjälverk samt tillverkad efter modell, som finnes vid meteorologiska anstalten i Uppsala. Burarne placerades 1,5—1,6 m ö. marken i öppet läge å provisoriska träställningar, förfärdigade av grova björk- och furupålar, vilkas nedre ändar neddrevos så långt som möjligt i marken. För att giva ytterligare stadga åt dessa stativ och förhindra skakning genom bläst uppfördes omkring benens nedre del rösen av grova block.

De tre instrumenten placerades på en 140 km lång linje, som skar vinkelrätt över fjällkedjan. Det första uppställdes på det lilla 650 m höga, isolerade lågfjället Vuosmavare 5 km O om Porjus. Med sin svaga åsform och sina långsamt sluttande sidor är detta såväl till konfiguration som höjd typiskt för de isolerade lågfjällen, och de därstädes erhållna värdena äro därför med säkerhet karaktäristiska för dessa. Instrumentet uppställdes på fjällets sydslutning på en nivå av 622 m ö. h. och alltså i närheten av de översta trädformiga björkarna.

Placeringen av den andra termografen var svårare. Det gällde att med dess tillhjälp konstatera, huruvida någon höjning av den allmänna temperaturkurvan äger rum från den östliga zonen in mot högfjällen, d. v. s. om temperaturen på samma nivå i högfjällszonen och angränsande delar av de sammanhängande lågfjällen i allmänhet är högre än å Vuosmavare. Som bekant förstår man med massupphöjningarnas inverkan på lufttemperaturen en relativ stigning av de allmänna isothermerna in emot ett högre område på

grund av en intensivare insolation i detta än i det lägre under den varma årstiden. Men man avser icke lokala inflytelser på temperaturkurvan t. ex. av ett visst slags detaljtopografi eller någon speciellt egendomlig vertikalkonfiguration. Nu förhåller det sig emellertid så, att den nivå, å vilken termografen var placerad på Vuosmavare och överhuvud skogsgränsnivån, i de båda närmast västligare zonerna är inskränkt till de ofta branta sidorna av de djupare dalgångarne eller till de nedre sluttningarna av höga och vidsträckta massiv, där såsom jag ovan antytt (s. 16) de lokalklimatiska inflytelserna äro mycket intensivare och mera svårkontrollerbara än å de isolerade lågfjällen. På dessa senare svagt välvda, ofta mjukt kupolformiga höjder äro de långsluttande sidorna helt vindöppna d. v. s. praktisk sett omspolade av alla vindar. På de nedre sluttningarna av stora fjällkomplex och ännu mera i trånga och djupa dalar blir vindexponeringen däremot aldrig lika stor som å de isolerade fjällkullarna; ofta blir den mycket mindre eller nästan ingen, och därför bli dessa lokaler, särskilt om de ligga å obesuggade sydsidor, relativt för varma och icke representativa för områdets allmänna klimatförhållanden. Det måste uttryckligen betonas, att om man vid jämförande klimatundersökningar av detta slag icke tar hänsyn till denna faktor, kan man bevisa snart sagt vad som helst. I själva verket bör nog icke endast den allmänna topografien utan även fjällens höjd och fjällsidornas lutningsvinkel och -riktning samt markfuktigheten i omgivningen vara densamma.

Men en sådan topografi som Vuosmavare-traktens träffar man längre västerut egentligen ej annat än på de stora fjällslätterna på 300 å 400 *m* högre nivå. Temperaturvärden från en sådan höjd äro emellertid ej direkt jämförbara med Vuosmavare-termografens utan måste underkastas reduktion enligt en gradient för temperaturens avtagande mot höjden, vilken icke ännu är och säkerligen icke på länge blir exakt känd.

Emellertid fann jag i Puollamtjåkko ett fjäll, som både med hänsyn till konfiguration och nivå motsvarade de här skisserade villkoren. Det är beläget strax O om Saltoluokte 77 *km* NV om Vuosmavare och blott 3—4 *km* från gränsen mellan lågfjällsområdet och högfjällszonen, vadan de allmänna klimatiförhållandena i den senares östra delar även böra göra sig gällande på lokalen ifråga. S och SO om Puollamtjåkko utbreda sig dessutom Ultevis' milsvida högslätt med en höjd växlande mellan 800 och 1100 *m* (8, s. 42), och N om den 2 å 3 *km* breda Luledalen karaktäriseras landskapet av liknande fjällvidder. På denna lokal, som dessutom är skyddad från västliga inflytelser (se nedan) genom de närliggande högfjällen, bör landets höga medelnivå åstadkomma en höjning av isotermerna i förhållande till längre österut, om överhuvud en dylik inverkan förefinnes.

Å andra sidan bildar Puollamtjåkko med hänsyn till sin konfiguration en fullständig motsvarighet till de isolerade lågfjällen. Dess topp, vars absoluta höjd är 738 *m*, reser sig cirka 200 *m* över den närmaste terrängen i S, SV och SO och med ännu större höjd över Luledalen i N. Dess särskilt åt de förra väder-

strecken svagt sluttande sidor äro därför helt och hållet vindöppna liksom fallet är med Vuosmavare.

Termografen uppställdes på fjällets sydsida i själva skogsgränsen på en höjd av 615 *m* ö. h., alltså på samma nivå som termografen på Vuosmavare.

Slutligen uppsattes det tredje instrumentet på fjället Julletjäkko, beläget i östra delen av kölizonen (det västliga fjällområdet), tätt intill högfjällens västra gräns och med en höjd av 1054 *m* ö. h. Fjället som ligger 63,3 *km* från det förra är med hänsyn till sin form representativt för den grupp det tillhör. Termografen placerades i den övre björkgränsen, som här ligger på fjällets SSO-sida 725 *m* ö. h. En stark klimatisk motsats råder dock i denna zon mellan fjällens öst- och västsidor, och den beror på de ofta förekommande västvindarnes starkt temperaturnedsättande inverkan. Det är därför svårt att i detta område finna en lokal, vars temperatur är representativ för zonens allmänna temperaturförhållanden. I själva verket torde värdena från denna lokal, vilken ju ligger i lä för de kalla vindarna, vara åtskilligt för höga.

Alla termograferna jämfördes med av Grave tillverkade, kontrollerade termometrar, graderade i femtedels el. tiondels grader. Dessa kontrollavläsningar utfördes i regel en gång i veckan för varje termograf, och genom dem konstaterades följande avvikelser hos dessa.

Instrumentet på Vuosmavare visade i medeltal 0,5° för lågt. En enstaka gång gick differensen upp till 0,6°, medan den en annan sjönk till 0,4°. Variationen i avvikelsen steg alltså endast till 0,2°.

För termografen å Puollamtjäkko var meddelavvikelsen 0,55° under termometerns gradtal. Den maximala avvikelsen var här likaledes 0,6° och den minimala 0,4°. — På Julletjäkko visade instrumentet en medelavvikelse av endast 0,45° under termometern. Variationen i avvikelser var likaledes blott 0,2°. För alla dessa fel hava givetvis korrekationer införts vid uträkandet av diagrammen.

Tyvärr hava icke instrumenten kunnat hållas i gång lika länge. Arbetena bedrevos med Porjus som utgångspunkt, och termografen på Vuosmavare kunde därför både sättas upp tidigare och tagas ned senare än de båda andra, av vilka den västligaste endast kunde hållas i gång mellan 4 juli och 25 augusti. Under denna tidrymd infaller emellertid den huvudsakliga delen av vegetationsperioden vid skogsgränsen i V, och observationsserien torde därför vara tillräckligt lång både för att representera dess temperaturförhållanden och för att kunna tjäna som jämförelsematerial beträffande den zonala temperaturfördelningen under den varma årstiden. I detta hänseende är dock naturligtvis Puollamtjäkko-serien ännu mera tillfredsställande. Oaktat seriernas olika längd publiceras de härmed i sin helhet, eftersom ganska litet ännu är känt beträffande dessa områdens klimat.

Givetvis hava vid dessa undersökningar varken maximum- eller minimum-termometern kommit till användning, utan den för varje dygn anförda maximi- och minimitemperaturen har erhållits genom avläsandet av termogramkurvans högsta resp. lägsta punkt under dygnet. Men härvid visade det sig olämpligt att vid båda beräkningarna räkna dygnet från midnatt till midnatt såsom på vissa meteorologiska

stationer börjat bliva vanligt. Om nämligen temperaturen en natt sjunker avsevärt under föregående natts lägsta temperatur, händer det att den redan före midnatt når under denna, och detta inträffar rätt ofta. Med nyssnämnda sätt att beräkna dygnet komma då de båda dygnens temperaturminima att infalla på samma natt. D. v. s. dennas depression i kurvan kommer att räknas två gånger, medan den föregående nattens ej alls tages i betraktande. Härigenom kommer medelvärdet för det operiodiska minimet, som väl bör baseras på den under varje natt inträffande absolut lägsta temperaturen, att endast grundas på den lägsta temperaturen under vissa mycket kalla nätter och på så sätt bliva för lågt. Detta medför i sin ordning att medelvärdet för den operiodiska amplituden (= differensen mell. maximum och minimum) blir för högt. Vidare bliva de på så sätt erhållna värdena icke jämförbara med dem, som härröra från de flesta av våra meteorologiska stationer, å vilka man ej använder termograf utan erhåller dygnets lägsta temperatur genom att på bestämd tid -- 9 e. m. avläsa minimumtermometern. För att undgå dessa olägenheter har jag vid beräkningen av minimumtemperaturen räknat dygnet från föregående till ifrågavarande dags middag.

Den kanske svåraste felkällan vid komparativa klimatundersökningar är väderleken, som på de olika observationslokalerna kan förändra sig med olika hastighet och i olika riktning, varigenom de erhållna värdena icke bliva direkt jämförbara. Det är därför nödvändigt att göra observationsserierna så långa, att väderlekens ojämnheter elimineras. Ju större avståndet är mellan stationerna, desto längre måste observationerna pågå, för att man skall kunna nå detta resultat. Som nämnts ligga Vuosmavare och Puollamtjärä på ett avstånd av 77 km från varandra, och de samtidiga observationer som utfördes på dessa lokaler, pågingo blott under något mera än $2\frac{1}{2}$ månader. Man kan därför knappast vänta att med tillhjälp av de erhållna medelvärdena kunna på tiondedels graden när bestämma förhållandet mellan de båda lokalernas temperaturkurvor. Å andra sidan äro de säkerligen tillräckligt långa för att giva upplysning om, i vilken riktning olikheterna gå, desto mera som båda lokalerna ligga på samma sida om fjällkedjan.

Enligt de i tab. I—III s. 61—65 publicerade resultaten bliva medeltemperaturerna för de trenne stationerna under de för dem gemensamma observationsperioderna följande.

| | 12—30 Juni | 1—31 Juli | 1—31 Aug. | 12 Juni— 31 Aug. | 5—31 Juli | 1—24 Aug. | 5 Juli— 24 Aug. |
|-------------------|------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Vuosmavare..... | 9,3° | 12,5° | 9,8° | 10,7° | 12,7° | 9,4° | 11,1° |
| Puollamtjärä..... | 8,3° | 11,6° | 9,4° | 10,0° | 11,8° | 9,1° | 10,5° |
| Julletjärä..... | — | — | — | — | 10,8° | 9,1° | 10,0° |

Av de tre stationerna ligga, såsom jag redan anført, de två första på samma nivå, och deras värden äro alltså i detta hänseende direkt jämförbara. Den tredje ligger cirka 100 m högre. De från densamma härrörande värdena böra alltså ökas med 0,6, för att de skola kunna kompareras med de övriga. Denna gradient för temperaturens avtagande mot höjden torde närma sig den verkliga i det ifrågavarande fuktiga klimatet.

De anförda värdena angiva sålunda icke, att massupphöjningarne åstadkomma någon stigning av sommarens medeltemperatur från O mot V. I stället synas de isolerade lågfjällen på samma nivå vara varmare än högfjällens östra delar och angränsande områden. Osäkert är naturligtvis, om övervikten i medeltal för flera år skulle bli så stor, som det här angivna värdet $0,7^{\circ}$. Men i alla händelser torde icke något nämnvärt värmeöverskott förefinnas för de yästliga zonerna i förhållande till den östligaste. Ty ej endast medelvärdet för hela sommaren är större för Vuosmavare än för Puollamtjåkko-stationen, utan även medeltemperaturen för var och en av dess olika perioder. De ojämnheter, till vilka väderlekssvängningarna kunnat giva upphov få därför anses vara i huvudsak eliminerade.

Ingenting i de här refererade resultaten talar alltså för, att massupphöjningarne i Lule-området skulle ha samma inverkan på medeltemperaturen som FRIES tror sig ha funnit beträffande Torne Lappmark. I det närliggande Sarekområdet har HAMBERG icke heller kunnat spåra någon dylik inverkan (14, s. 229, 232)¹.

Emellertid är det icke på medeltemperaturen för dygnet som massupphöjningarna närmast influera, utan på temperaturen under dygnets varmaste del. Det är ju den genom den större höjden över havet underlättade instrålningen, som närmast betingar deras inverkan på temperaturkurvan. DE QUERVAIN betonar också uttryckligen, (30, s. 522—523), att det är under den varmaste tiden på dagen, särskilt på middagen, som höjningen av isotermerna kunnat konstateras.

I nedanstående sammandrag från de å s. 61—65 publicerade tabellerna lämnas en framställning av medeltemperaturen för dygnets olika timmar under den för Vuosmavare och Puollamtjåkko gemensamma observationsperioden (12 juni—31 augusti).

| | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | Mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | Mid- natt |
|------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Vuosmavare..... | 7,9 | 8,3 | 9,5 | 11,1 | 12,5 | 13,1 | 13,8 | 12,9 | 11,6 | 10,2 | 9,2 | 8,4 |
| Puollamtjåkko... | 7,2 | 7,6 | 8,9 | 10,4 | 11,7 | 12,7 | 12,8 | 12,2 | 11,0 | 9,3 | 8,2 | 7,5 |
| Differens..... | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 0,9 |

Icke ens under den varmaste delen av dagen steg alltså Puollamtjåkko's temperaturkurva över Vuosmavares, ja, den höjde sig ej ens relativt i förhållande till den senare, utan differenserna mellan de båda lokalernas temperaturer blevo i stort sett desamma under dygnets alla timmar.

Det kan i alla händelser vara skäl att efterse, om Puollamtjåkko har kallare middag under observationsperiodens alla avsnitt. En sammanställning av primärvärdena giva i detta hänseende följande resultat.

¹ Även i detalj finnes en överensstämmelse mellan mina värden och dem, som denne forskare publicerat för samma år. Så nämner han (s. 259) att medeltemperaturen för perioderna 24—31 juli och 1—20 aug. 1913 vid Litnokhyddan, belägen tätt intill högfjällens östra gräns och alltså till sitt läge ungefärligen motsvarande Puollamtjåkko var resp. $9,0^{\circ}$ och $9,4^{\circ}$, medan jag för sistnämnda 100 m högre station och samma period erhöi $8,1^{\circ}$ och $9,2^{\circ}$. Härvid måste givetvis ihågkommas att Litnok är dalstation.

| | 12—30 Juni | 1—31 Juli | 1—31 Aug. | 12 Juni— 31 Aug. | 5—31 Juli | 1—24 Aug. | 5 Juli— 24 Aug. |
|--------------------|---------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Vuosmavare..... | 12,4 | 15,6 | 12,7 | 13,8 | 16,0 | 12,4 | 14,3 |
| Puollamtjåkko..... | 11,9 | 14,2 | 12,1 | 12,8 | 14,4 | 11,8 | 13,2 |
| Julletjåkko..... | — | — | — | — | 12,6 | 11,5 | 12,1 |

Icke under någon del av sommaren steg alltså den västligare stationens middagstemperatur över Vuosmavares, men den senare lokalens övervikt var ej lika stor under hela sommaren utan minst i juni och augusti. Beträffande den senare månaden kan detta bero på högfjällsstationens läge närmare Atlanten, varigenom dess klimat blir mera oceaniskt betonat och följaktligen årets varmaste tidpunkt förskjuten in uti augusti. Detta tyckes även framgå av värdena för medeltemperaturerna (se ovan sid. 20). Emellertid kan förhållandet också förklaras av att snösmältningen i öster är avslutad redan vid midsommar, men i högfjällen först en månad senare, varigenom temperaturdifferensen blir störst i juli. Även om, såsom HAMBURG uppger, den ifrågavarande år (1913) till sommaren kvarliggande snömängden var ovanligt stor i högfjällen (14, s. 233), torde samma fenomen i högre eller lägre grad upprepas alla år.

Om massupphöjningarna kunna väntas influera på den varmaste timmens medeltemperatur, bör detta också kanske i ännu högre grad gälla medelvärdet för dygnets maximumtemperatur. Följande sammanställning rörande denna temperaturfaktor har gjorts ur det nedan publicerade materialet.

| | 12—30 Juni | 1—31 Juli | 1—31 Aug. | 12 Juni— 31 Aug. | 5—31 Juli | 1—24 Aug. | 5 Juli 31 Aug. |
|--------------------|---------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|-------------------|
| Vuosmavare..... | 13,3 | 16,4 | 13,4 | 14,5 | 16,7 | 12,9 | 15,0 |
| Puollamtjåkko..... | 12,7 | 15,8 | 13,1 | 14,1 | 16,0 | 12,9 | 14,5 |
| Julletjåkko..... | — | — | — | — | 14,3 | 12,4 | 13,4 |

Även den operiodiskt inträffande maximala temperaturen under dygnet visade alltså ett högre belopp för den isolerade lågfjällszonen än för området omkring högfjällens östra gräns. Dock var detta överskott mindre än beträffande dygnets varmaste timme och försvann t. o. m. helt och hållet under en del av augusti. I medeltal för hela perioden erhöles dock ett högre värde för det östliga området.

Om orsaken till att skillnaden mellan de båda stationerna blev mindre i detta fall än beträffande dygnets varmaste timme är det svårt att bestämt yttra sig. Måhända kan man häri spåra en svag yttring av massupphöjningarnas inflytande. Det operiodiska (absoluta) maxinet under dygnet framkallas ju ofta av att minskad vindhastighet och molnbetäckning tillfälligtvis lämnar insolationen större möjlighet än eljest att inverka på temperaturkurvan. Det torde då vara givet att ett tillfälligt skärpande av insulationsfaktorn skall i områden med större höjd över havet giva större resultat än i lägre trakter.

Utom i här nämnda hänseenden pläga massupphöjningarna influera på amplituderna, i det att dessa skärpas. Detta gäller såväl den periodiska amplituden

(= skillnaden mell. den varmaste och kallaste timmens temperatur) som den operiodiska (= differensen mellan dagligt absolut maximum och minimum). Nedanstående värden angiva undersökningens resultat i dessa avseenden. Siffrorna inom parentes beteckna den operiodiska amplituden, de övriga den periodiska.

| | 12—30 Juni | 1—31 Juli | 1—31 Aug. | 12 Juni— 31 Aug. | 5—31 Juli | 1—24 Aug. | 5 Juli— 31 Aug. |
|--------------------|---------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Vuosmavare..... | 7,0 (8,4) | 5,6 (6,9) | 5,4 (6,5) | 5,9 (7,1) | 5,9 (7,0) | 5,4 (6,3) | 5,6 (6,7) |
| Puollamtjåkko..... | 7,4 (8,7) | 5,2 (7,6) | 5,1 (7,0) | 5,6 (7,7) | 5,2 (7,6) | 5,2 (7,1) | 5,2 (7,3) |
| Julletjåkko. | — | — | — | — | 4,0 (6,1) | 4,6 (6,0) | 4,2 (6,1) |

Det framgår härav att den periodiska amplituden under juli och augusti var störst på Vuosmavare. Under juni däremot visade Puollamtjåkko stationen ett högre värde än den förra. Medelvärde för hela sommaren var dock högst för denna.

Den operiodiska amplituden förhöll sig däremot på annat sätt, i det att den visade ett genomgående högre belopp för Puollamtjåkko. Differensen mellan de båda stationernas medelvärden för hela sommaren steg ända till $0,6^{\circ}$. Denna övervikt för området närmast högfjällen kan ej framkallas av maximitemperaturerna därstädes, emedan ju dessa äro lägre än österut, utan måste bero på särskilt låga minimitemperaturer. En jämförelse mellan tab. I och II ådagalägger, att Puollamtjåkko-stationen just utmärkte sig för sådana. De uppkomma sannolikt som en följd av, att kall luft från de snötäckta vidderna i högfjällen nattetid vid lugnt väder sjunker ned på lägre nivåer och därstädes för kortare tid stagnerar. Sannolikt bero även de höga amplituderna för Vuosmavare under juni på denna faktor. Snön kvarlåg då ännu på fjällets högsta parti, varför under lugna nätter kall luft från snöfläckarna kunde sjunka ned på lägre nivåer.

Faktorer, vilka motverka massupphöjningarnas inflytande på temperaturen.

De verkställda undersökningarna hava alltså givit till resultat att fjällområdets massupphöjningar icke åtföljas av någon högre sommartemperatur, än vad som är fallet på samma nivå längre österut, utan snarare tvärtom, och detta gäller såväl dygnets varmaste del som dess medeltemperatur. Detta kräver naturligtvis en förklaring. I teorien om massupphöjningarnas termiska inflytande ligger ju mycket berättigat, även om, såsom HAMBERG framhållit (14 s. 227), detta spörsmål ännu är långt ifrån utrett.

Som jag redan nämnt, har man i Alperna kunnat konstatera betydelsen av denna faktor för temperaturförhållandena under sommaren. Genom sina detaljerade undersökningar har DE QUERVAIN visat att de centrala och högsta delarna av Schweiz äro i medeltal för juli 5° varmare under den varmaste timmen än den nordschweiziska högslätten, nämligen om temperaturvärdena reduceras till samma nivå. Denna differens betingas av en motsvarande höjdskillnad. Enligt LIEZ har Alpernas högslättsliknande förland mellan Neuchatel- och Bodensjöarna en medel-

höjd av cirka 500 *m* (30). Den högst belägna areal i Alpernas kärnzon, som är tillräckligt stor för att påverka de allmänna isotermerna, uppskattas till en medelnivå av 2,500 *m*. Temperaturstegringen på 5° in emot Alperna motsvaras alltså av en höjning av den allmänna nivån om 2,000 *m*. Detta värde är ju anmärkningsvärt lågt i förhållande till de höga partier på mera än 4,000 *m* som förekomma i området.

I vårt land är emellertid höjdskillnaderna betydligt mindre, vilket delvis synes ha förbisetts av dem som på våra förhållanden vilja tillämpa teorien om massupphöjningarnes klimatiska betydelse. Visserligen nå högfjällen å ömse sidor om Lule-dalen en höjd av 1,800—2,000 *m*, men endast ytterst liten areal uppvisar denna höjd, och den består endast av spetsiga söndersplittrade toppar utan större horisontella ytor. Såsom HAMBERG redan påpekat (14, s. 227) har en sådan topografi liten eller ingen förmåga att skjuta isotermerna i höjden. — Några utbredda horisontella ytor träffas däremot icke omkring Lule-dalen på större höjd än 1,000 *m*. På denna nivå ligga högfjällsområdets vidsträcktaste och vackraste utbildade fjällslätter, vilka jag i ett föregående arbete sammanfattat under benämningen Tuipal-nivån (8, s. 42—47). Denna sträcker sig även till de övre partierna av Ultevis lågfjällsvidder, vilka utbreda sig just i S och SO om den ovannämnda Puollamtjåkko-lokalen. — Vid mina besök i Torne-Träsk-området fann jag i likhet med WRÅK (36) att de sammanhängande fjällvidderna S om sjön även där tillhöra 1,000-meters nivån. De fjällkomplex, som resa sig över dem, bestå av söndersplittrade mera eller mindre spetsiga toppar med starkt sluttande sidor och en obetydlig areal.

Å andra sidan uppvisar det område, inom vilket de isolerade lågfjällen äro belägna, en jämförelsevis stor medelhöjd. Den topografiska kartan medger ej någon exakt uppmätning av densamma, men min på fleråriga resor grundade kännedom om dessa trakter sätter mig i stånd att uppskatta medelnivån för de högslätter, över vilka de isolerade lågfjällen resa sig, till minst 475 *m* i området omkring St. Lule Vatten och Porjus. Längre norrut ligga t. o. m. dalbottnarna på 500-meters nivån. Nivåskillnaden för den terräng i de båda zonerna, som kan tänkas influera på den allmänna temperaturkurvan, är alltså ej mera än cirka 500 *m*, d. v. s. endast fjärdedelen så stor som i Schweiz. Man bör därför i Lappland ej kunna vänta mera än fjärdedelen så stor inverkan av massupphöjningen som i Alperna, d. v. s. den bör ej höja middagstemperaturen i högfjällen mera än 1,3° över östra och inre Lapplands. Så stor stegring bör dock komma till stånd, om ej andra faktorer verka i motsatt riktning.

En sådan av största betydelse är emellertid som bekant motsatsen mellan det kontinentala klimatet i östra Lappland och det oceaniska vid norska kusten. Denna motsats medför att såväl medeltemperaturen för dygnet, som för dagens varmaste del om sommaren sjunker successivt från O till V. Genom benäget tillmötesgående från Meteorologiska Centralanstaltens sida, för vilket jag här begagnar tillfället att uttala mitt tack, har jag erhållit upplysning om temperaturen i Jokkmokk kl. 2 e. m. i juli och augusti månader under 20-års perioden 1891—1900. Dess medelvärde

under denna tid för dessa två månader uppgick till $15,5^{\circ}$. Reducerad till havets nivå enligt en gradient av $0,5^{\circ}$ per 100 *m*, vilken åtminstone icke bör anses för stor, ger detta en temperatur av $16,7^{\circ}$ vid havsytan.

Jokkmokk ligger emellertid på samma avstånd från högfjällen och norska kusten som Gellivare och lågfjällen däromkring, och de nämnda temperaturvärdena får därför anses representativa för dessa. — För norska kustens temperaturförhållanden äro Bodö-stationens värden typiska. Medelvärde för temperaturen kl. 2 e. m. därstädes under samma period uppgår till $13,5^{\circ}$ (23). D. v. s. motsatsen mellan inre Lapplands kontinentala klimat och norska kustens marina medför att temperaturen under dagens varmaste timme på samma nivå avtar med ej mindre än $3,2^{\circ}$ från de isolerade lågfjällen till det norska kustlandets yttre del, en sträcka som är 250 *km* lång¹. Högfjällsområdets centrum och dess östra gräns ligga på ett avstånd av resp. 110 och 95 *km* från Jokkmokk (Gellivare). Genom rätlinjig interpolation erhålles alltså att deras middagstemperaturer på samma nivå böra vara resp. $1,4^{\circ}$ och $1,1^{\circ}$ lägre än de isolerade lågfjällens. Den stigning av $1,3^{\circ}$ över de senares, vilken massupphöjningarna skulle åstadkomma i högfjällens middagstemperatur, upphäves alltså för deras centrala delar och förbytes i ett underskott på $0,1^{\circ}$. För områdena omkring deras östra gräns blir totalresultatet $0,2^{\circ}$ högre middagstemperatur än på de isolerade lågfjällen. Sannolikt är emellertid detta värde ett par tiondelar för lågt, emedan de västliga inflytelserna ej så lätt kunna göra sig gällande bakom den uppskjutande högfjällsskedjan.

Likväl angåvo observationerna från Puollamtjäkko ej mindre än $1,0$ grads lägre middagstemperatur än vad Vuosmavare längst i O uppvisade (se ovan s. 22). Detta kan, som jag redan påpekat, i någon mån bero på att tillfälliga ojämnheter, framkallade av väderlekssväxlingarna, icke blivit fullständigt eliminerade. Den huvudsakliga orsaken torde dock vara att ännu en faktor motverkar massupphöjningarnes inflytande. HAMBERG har redan påpekat (14, s. 233), att snö- och isbäckningen i högfjällen avsevärt kan nedpressa sommartemperaturen under juni och juli »samt eliminera en del av den värmande inverkan massupphöjningarna skulle hava.» Jag har redan anført (ovan s. 23) att de i fjällen betydligt mera utpräglade operiodiska amplituderna tydligen äro betingade av en lägre daglig minimumtemperatur, och att denna i sin ordning framkallas bl. a. just av suörikedomen därstädes. Det är givet att nämnda faktor ej endast inverkar på nattemperaturerna utan på temperaturkurvan i dess helhet. HAMBERG (o. a. s.) uppskattar enbart glaciärernas areal i Sarek till icke mindre än 20 % av landets hela areal. Därtill komma ett mycket anseeligt antal permanenta och halvpermanenta snöfält. Dessa is- och snöytor sänka lufttemperaturen icke endast direkt, utan även indirekt

¹ Detta gäller visserligen närmast havsytans nivå, men på grund av skogsgränsens relativt ringa höjd och den jämförelsevis obetydliga differensen i relativ luftfuktighet mellan inre Lappland och norska kusten (6, s. 14) torde nämnda temperaturavtagande vara ungefär lika stort på skogsgränsnivån.

genom det kalla smältvatten, som från dem översilar sluttningarna. På så sätt erhåller marken dessutom större fuktighet i ytskiktet, än vad fallet är på de torra isolerade lågfjällen, och till följd därav uppkommer en genom den starkare avdunstningen förorsakad värmeförlust för de högre områdena. Det finns därför all anledning att i detta sammanhang icke underskatta den större snömängden i de senare.

Denna beror naturligtvis dels på högfjällens västligare läge, men dels också på deras större höjd. Massuppböjningarna framkalla alltså själva den faktor som motverkar deras värmande inflytande. I själva verket skiljer sig vårt fjällområde av olika orsaker ifrån Alperna även i detta hänseende. I de senare ligger snögränsen 700—1,000 *m* över massupphöjningsytorna (jfr. 24, 30), medan den i det skandinaviska fjällområdet ofta når ned mot de fjällvidder, som hava tillräcklig utsträckning för att kunna åstadkomma en temperaturstegring. I Sarek t. ex. ligger den klimatiska snögränsen på 1,250-*m*:s nivån (13) d. v. s. på överkanten av de stora fjällslätterna. Detta betyder att snön ligger kvar å dessa under en del av sommaren¹.

Det är alltså tydligt att högfjällszonen icke gärna kan uppvisa någon högre sommartemperatur än området O därom. Men man kan därför icke säga att massupphöjningarna intet inflytande hava på isothermerna, för så vitt det ej rent av kommer att kunna visas, att enbart den stora snömängden totalt uppväger deras inverkan. Men i motsatt fall skulle sommartemperaturen utan dem sjunka kontinuerligt från O till V. I stället torde det nu förhålla sig så att högfjällen på samma nivå har en sommartemperatur som visserligen är lägre än inre Lapplands, men dock är något högre än områdets läge i förhållande till Atlanten. D. v. s. temperaturkurvans fall mot V är icke kontinuerligt utan går långsammare inom och strax O om högfjällszonen.

Ett helt annat bör resultatet bliva, om massupphöjningarna och de västliga inflytelserna verka i samma riktning, såsom på fjällkedjans västra sluttning. Den därstädes förefintliga stationen på Julletjåkko var som nämnts starkt lokalklimatiskt påverkad, och de värden som erhållits därifrån äro därför tyvärr icke direkt jämförbara med de båda andras. Att så är fallet finner man efter en reduktion av dess värden efter en gradient av 0,5°. För hela perioden 5 juli—24 aug. blir dess medeltemperatur då lika stor som det 64 *km* östligare Puollamtjåkkos (se ovan s. 21). Detta är naturligtvis i och för sig omöjligt, och då såsom jag redan nämnt (s. 21) förhållandet beror på, att Julletjåkko-stationen var fullständigt skyddad mot de västliga vindarne, visar detta betydelsen av dylikt vindskydd i V. Däremot visar den västligare stationen såväl för dygnets varmaste timme som för dess maximumtemperatur ett 0,6° lägre värde. Införes en korrektion för de lokalklimatiska på-

¹ Detta torde kanske icke tillräckligt hava beaktats av SAMUELSSON, då han (33, s. 112) under hänvisning till Alperna urgerar att massupphöjningarna i sydvästra Norge böra åstadkomma en höjning av temperaturen därstädes. Enligt HANSEN (16) och REKSTAD (31) ligger den klimatiska snögränsen där åtminstone delvis t. o. m. nere på de stora fjällvidderna.

verkningarne, erhålles en stark sänkning av maximumtemperaturerna från den mellersta till den västligaste stationen. — Ett gott uttryck för, huru betydligt starkare de västliga inflytelserna äro på denna, erhåller man i värdena för amplituderna (s. 23). Ehuru ingen korrektion för den större höjden utförts, är den periodiska $1,0^{\circ}$, och den operiodiska $1,2^{\circ}$ lägre än på Puollamtjåkko.

Lokala avvikelser av luftens temperaturkurva.

Om sålunda lufttemperaturen icke stiger från de isolerade lågfjällen in emot högfjällskedjan, men såsom jag redan visat, den övre björkskogsgränsen det oaktat höjer sig i denna riktning, måste detta bero på andra faktorer. Redan den omständigheten, att nämnda gräns på sina ställen i Puollamtjåkcos omgivningar går bortåt 100 *m* högre än på detta fjäll, vittnar om, att dessa åtminstone till en del äro lokalklimatiska. De höga värdena för den övre björkskogsgränsen på det närbelägna Tjäpores, Juobmovarats och Juobmotjåkko gälla nämligen antingen enstaka långt uppskjutande tungor eller isolerade fläckar av björkskog ovanför de sammanhängande skogsvidderna. Det lider intet tvivel att termografundersökningar i spetsarna av dessa björkskogstungor skulle givit till resultat en högre temperatur därstädes än på Puollamtjåkko, sedan korrektion för den större höjden över havet införts.

I regel ligga nämligen dylika uppskjutande flikar i väl skyddade sänkor, i djupa bäckfåror på huvuddelarnes sidor eller i brett skålformiga fördjupningar inne i högre fjällmassiv. På dylika lokaler, där sålunda gott vindskydd råder, överhettas marken under soliga dagar, och de stagnerande luftmassorna antaga då lätt en hög temperatur. För var och en, som är något hemmastadd i fjälltrakterna, är den stora skillnaden i detta hänseende mellan dylika lokaler och de vindöppna så påtaglig, att den knappast borde behöva påpekas.

Det gäller då närmast att avgöra, om förhållandet konstituerar någon skillnad för de olika zonerna i temperaturfördelningen på björkskogsgränsen. Som jag redan påpekat, äro sidorna av de isolerade lågfjällen, vilka som flacka käglor eller korta ryggar skjuta upp över hela den omgivande terrängen, mycket starkt vindexponerade. Ju mindre utsträckning ett dylikt fjäll har, och ju mera isolerat det är, desto lättare driva vindarna sitt spel på dess sluttningar. På ett litet kägelformigt, av alla vindar omspolat fjäll existerar överhuvud icke vindskydd för någon punkt på dess sidor vid någon som helst vind. En dylik lokal erbjuder alltså den bjärtaste kontrast gent emot dem, till vilka de nyssnämnda skogstungorna i högfjällen äro lokaliserade. — Mellan dem finnas emellertid ett stort antal övergångar. Ett fjäll av nyssnämnda typ har i horisontalplanet starkt svängda sidor. I och med att fjällen få större utsträckning närmar sig formen på sidorna allt mer den rätta linjen. Vindskyddet på fjällsidorna blir då alltmera effektivt först och främst i de fall, då vinden kommer bakifrån. Stryker den parallellt med sluttningen, blir dess inverkan heller icke särdeles stor på grund av friktionsmotståndet. T. o. m. då den blåser

direkt emot en rätlinjig fjällsida minskas dess kraft till följd av den vall av stillastående luft som gärna bildas mellan sluttningen och luftströmmen.

På sidorna av de djupa, ofta nästan korridorformiga genombrottsdelar, som genomskära fjällkedjan, kan vindskyddet vara ännu större. Äro dalsidorna rätlinjiga och parallella, vilket icke så sällan inträffar, kan ju skogen på dem över huvud icke träffas av vindar, som gå direkt emot sluttningarna. I dylika dalfören gå luftströmmarna endast parallellt med sidorna¹, och deras inverkan blir obetydlig till följd av friktionsmotståndet. Såsom HAMBERG i sitt inlägg mot FRIES påpekat (14, s. 248), växer detta närmare dalbottnen under i övrigt lika förhållanden, och följaktligen blir vindhastigheten mindre och vindskyddet för skogen större.

I och för sig kunna naturligtvis luftströmmarna rusa fram med avsevärd hastighet i en dylik dalgång. Äro dess sidor icke jämna, utan bestå de av en serie utsprång med mellanliggande nischer eller fördjupningar i dalsidan, blir naturligtvis vindexpositionen mycket växlande. Man finner också, att skogen då gärna saknas ända ned mot dalbottnen på utsprången men går i de mellanliggande sänkorna högt upp på dalsidan.

I de sammanhängande lågfjällens och högfjällens zoner saknas alltså på skogsgränsen i allmänhet platser med generell vindexposition d. v. s. utsatta för vindar från alla håll, under det sådan är regel på sidorna av de isolerade lågfjällen. Framför allt åtnjuter den övre skogsgränsen i de förra områdena ett utpräglat vindskydd i jämförelse med vad fallet är i de senare. Och i och med att luftcirkulationen är svagare, växa möjligheterna för luftens uppvärmning genom stark insolation under klara dagar. Särskilt om man på grund av ogynnsamma omständigheter nödgas inskränka sig till att operera med den övre skogsgränsen, kan man alltså mycket väl komma till det resultat att dess stigning in emot högfjällen åtföljes av en motsvarande stigning av lufttemperaturen på gränsen själv. Men den är då av lokal natur och har ej med massupphöjningarna att göra. Det inses lätt därav, att temperaturstigningen på dessa lokaler inemot de högre områdena blir i stort sett densamma, vare sig fjällsidorna höja sig 100 el. 1,000 *m* över ifrågavarande gräns, ty vindskyddet blir i alla händelser lika stort. I själva verket torde vi delvis hava en illustration till nämnda sats i den ovan (s. 15) påpekade omständigheten, att björkskogsgränsen på vissa mycket låga fjäll i det norska kustområdet ligger i det närmaste lika högt som å det höga Fagernäsfjället. Om å andra sidan till följd av någon klimatförändring björkskogen skulle vandra upp på de högre nivåerna av våra högfjäll, skulle den därstädes bliva utsatt för samma termiska inverkningar av vindarna som nu på de isolerade små fjällkäglorna i O.

I och med övergången från högfjällszonen till det västliga fjällområdet bliva de lokalklimatiska motsatserna mycket stora. Detta beror på tvänne omständigheter. Dels äro de här förhärskande västvindarna både mycket starka och relativt kalla. Dels är topografien mera öppen än i högfjällen. Dalarna äro breda och

¹ Och upp och ned utefter dem.

höga, sammanhängande fjällmassiv saknas merendels. Fjällens SO- och NV-sidor få på så sätt helt olika termisk valör. Ett uttryck härför äro värdena från Julletjåkko-stationen. Efter reduktion till samma nivå som Puollamtjåkko visar den endast $0,6^{\circ}$ lägre middagstemperatur (se ovan sid. 22). Genom interpolation på samma sätt som å sid. 25 erhåller man emellertid att den på grund av sin närhet till Atlanten skulle ha $0,8^{\circ}$ lägre middagsvärme, och eftersom Puollamtjåkko genom sitt läge invid fjällkedjan är skyddad mot de västliga inflytelserna, måste i själva verket det erhållna värdet åtminstone ökas till $1,0^{\circ}$. Resultatet blir alltså att vindskyddet på övre skogsgränsen å Puollamtjåkko betyder en höjning av temperaturen med cirka $0,4^{\circ}$ därstädes. Detta under förutsättning att i värdena ifråga ej ingå tillfälliga avvikelser.

Längre västerut stiga emellertid dalbottnarne avsevärt fram emot huvudvattendelaren. Samtidigt bliva de västliga inflytelserna starkare än förut. Dessa två faktorer jämte bristen på lös jord förorsaka tillsammans skoglösheten i trakterna omkring huvudvattendelaren.

Förhållandet mellan luftens och växtens egen temperatur.

Vid undersökningar över de klimatiska temperaturförhållandenas inflytande på växternas utbredning har man hittills nöjt sig med att taga hänsyn till luftens temperatur och någon gång till markens. Detta tillvägagångssätt har blivit så vanligt, att det knappast alltid ens kan förklaras på annat sätt än genom antagandet, att växtens egen temperatur är densamma som luftens. Hur oriktig en sådan föreställning än är, skulle den dock ej leda till några falska slutsatser, om differensen mellan luftens och växtens temperatur alltid och på alla lokaler vore lika. Då jag nyligen (9, s. 204) betonade vikten av, att man mäter temperaturen i växtdelarne själva, enär det ju är den som bestämmer, vid vilken temperatur processerna inom växten skola försiggå, leddes jag emellertid av den övertygelsen, att luftens och växtens temperaturkurvor icke äro parallella. Det torde här vara på sin plats att efterse, huru därmed förhåller sig.

Växtens värmehushållning regleras väl i huvudsak av följande faktorer. Vid mulet väder, om natten och vid beskuggning erhåller den värme genom ledning från luften, d. v. s. luften blir värmekällan, och en tendens gör sig gällande hos växten att antaga luftens temperatur. Samtidigt förlorar växten värme genom strålning, men framför allt genom transpirationen, i det värme åtgår vid avdunstningen. Givetvis både bildas och förbrukas även värme genom kemiska processer inom växten. Här såväl som i den följande framställningen kan dock utan olägenhet bortses från denna faktor. — Vid solbelysning erhåller växten däremot sin värme genom direkt insolation, och man får utgå ifrån, att hos växten liksom hos marken en tendens då gör sig gällande att bliva varmare än luften. — Vidare förlorar växten värme på samma sätt som marken, nämligen genom strålning, ledning till luften och avdunstning (transpiration). Men de tvänne sistnämnda faktorerna verka

ej alltid med samma intensitet. Då luften är i rörelse, ökas värmeförlusten såväl genom ledning som genom avdunstningen, och ju hastigare luftströmmarne röra sig, desto större blir värmeförlusten. På vindskyddade lokaler måste denna alltså vara mindre än på vindöppna. Som jag redan visat, är den övre skogsgränsen å de isolerade lågfjällen just förlagd till det senare slaget av lokaler, medan den i det sammanhängande lågfjällsområdet och högfjällszonen vanligen är lokaliserad till extremt vindskyddad terräng. Man kan därför vänta, att björkarnes egen temperatur under dagens varmaste del skall överstiga luftens med större belopp där än på de isolerade fjällen i O.

Huru stora differenserna i själva verket kunna vara mellan luftens skuggtemperatur och växtens värme, låter sig f. n. icke avgöra. Detta problem synes nämligen icke ännu hava kunnat tillvinna sig våra biologers intresse. För att emellertid få någon föreställning om den storhetsordning, inom vilken man har att söka ifrågavarande temperaturdifferenser, verkställde jag sommaren 1915 följande försök vid Abisko naturvetenskapliga station.

Vid dem användes en från medicinsk-fysiologiska institutionen i Lund lånad stränggalvanometer med elektromagnet. Densamma sattes i förbindelse med ett termoelement, för ändamålet förfärdigat av koppar och konstantan. Galvanometers kvartstråd, vilken angav temperaturdifferensen för termoelementets båda spetsar, visade ett utslag av i medeltal $0,15^{\circ}$ per delstreck å mikroskopokularets mikrometer-skala. — Den ena av de båda elementspetsarne hade gjorts mycket fin — dess diameter vid basen mätte endast $0,5\text{ mm}$, — och härigenom kunde den med lätthet införas även i mycket tunna växtdelar utan att sönderspränga dessa.

Försöken utfördes under fullständigt klart väder, och somliga på helt och hållet vindskyddad lokal, där trädens blad endast någon enstaka gång rördes av ett tillfälligt luftdrag; andra verkställdes vid olika vindstyrka. Vid ett av de förra tillgick på följande sätt.

Termoelementets fina spets infördes i ändan (vegetationspunkten) av ett björk-skott på en höjd av $0,5\text{ m}$ ö. marken. Skottet var givetvis starkt solbelyst. Partierna av termoelementet ovanför spetsen beskuggades, för att de ej skulle uppvärmas och elementspetsen därifrån tillföras värme genom ledning och sålunda erhålla högre temperatur än skottet självt. Elementets andra spets placerades i fria luften och beskuggades, för att den under försöket skulle antaga luftens skuggtemperatur. Invid densamma upphängdes en av Grave förfärdigad och kontrollerad termometer, graderad i tiondels grader. Var femte minut avlästes å stränggalvanometern differensen mellan skottets temperatur och luftens skuggtemperatur och samtidigt det verkliga värdet för den senare å termometern. Utom de värden, som härvid erhöles, meddelar jag samtidigt en serie sådana, som erhöles på vindexponerad lokal. Vindstyrkan på observationsplatsen — en liten kulle invid naturvetenskapliga stationen — torde kunna skattas till $3,5\text{ m}$ i sekunden. Ej endast bladen, utan även de mindre grenarne, någon enda gång de större sattes nämligen av vinden i rörelse (jfr. 15, s. 384). Värdet stämmer också ganska väl med det utslag som samtidigt gavs av stationens anemograf.

TAB. 6.

Luft- och växttemperatur vid vindstilla och 3,5 m:s vind.

| Vindstilla | | | | Vindhastighet 3,5 m i sekunden | | | |
|-------------|--|----------------|-------------------|--------------------------------|--|----------------|-------------------|
| Kl. | Temp.-diff. enl. galvano- metern | Luft- temp. | Skottets temp. | Kl. | Temp.-diff. enl. galvano- metern | Luft- temp. | Skottets temp. |
| 4,15 e. m. | 7,4° | 12,8° | 20,2° | 12,10 e. m. | 1,0° | 14,0° | 15,0° |
| 4,20 » | 5,8° | 13,0° | 18,8° | 12,15 » | 2,2° | 14,2° | 16,4° |
| 4,25 » | 4,6° | 13,2° | 17,8° | 12,20 » | 2,1° | 14,4° | 16,5° |
| 4,30 » | 6,0° | 13,8° | 19,8° | 12,25 » | 2,3° | 13,7° | 16,0° |
| 4,35 » | 5,0° | 13,1° | 18,1° | 12,30 » | 2,2° | 13,6° | 15,8° |
| 4,40 » | 5,6° | 13,0° | 18,6° | 12,35 » | 3,3° | 14,3° | 17,6° |
| 4,45 » | 4,8° | 13,0° | 17,8° | 12,40 » | 2,4° | 13,8° | 16,2° |
| 4,50 » | 4,9° | 13,1° | 18,0° | 12,45 » | 2,1° | 13,9° | 16,0° |
| 4,55 » | 4,9° | 13,6° | 18,5° | 12,50 » | 2,4° | 13,9° | 16,3° |
| 5,0 » | 4,7° | 13,5° | 18,2° | 12,55 » | 2,3° | 13,8° | 16,1° |
| 5,5 » | 4,8° | 13,2° | 18,0° | 1,0 » | 2,2° | 13,8° | 16,0° |
| 5,10 » | 4,5° | 12,9° | 17,4° | 1,5 » | 2,3° | 13,9° | 16,2° |
| 5,15 » | 4,8° | 13,4° | 18,2° | 1,10 » | 2,6° | 14,0° | 16,6° |
| 5,20 » | 4,7° | 13,1° | 17,8° | 1,15 » | 2,5° | 13,8° | 16,3° |
| 5,25 » | 5,1° | 13,2° | 18,3° | 1,20 » | 2,6° | 14,1° | 16,7° |
| | | | | 1,25 » | 2,4° | 14,6° | 17,0° |
| | | | | 1,30 » | 2,9° | 15,3° | 18,2° |
| | | | | 1,35 » | 3,1° | 15,8° | 18,9° |
| | | | | 1,40 » | 3,2° | 16,1° | 19,3° |
| Medelvärden | 5,1° | 13,2° | 18,3° | | 2,4° | 14,3° | 16,7° |

Av tab. 6 framgår att björkskottet vid vindstilla var i medeltal 5,1° varmare än luftens skuggtemperatur. Den senare visade under observationsperioden en variation av 1,0°, medan skottets temperatur varierade med 2,8°. Såsom fallet plägar vara med markytan, företedde alltså växtdelen större temperaturvariation än luften i skugga. Den framkallades av att de omgivande luftskikten trots allt ej voro i fullständig vila, utan lätta luftdrag märktes stundom. Därvid kunde i okulalet iakttagas, huru galvanometertråden genast gav utslag för en svag sänkning i temperaturdifferensen.

Vid 3,5 m:s vindstyrka var däremot medeldifferensen mellan skottets temperatur och luftens skuggtemperatur endast 2,4° eller 2,7° mindre än vid lugnt väder. Då björkskotten hade samma dimensioner och termoelementets spets i båda fallen var placerad i samma parti (vegetationspunkten), måste olikheterna enbart bero på vindens inflytande. Emellertid äro som bekant dylika skott jämförelsevis väl skyddade mot avdunstning; vindens temperaturnedsättande inverkan kan därför egentligen icke härleda sig från ökad transpiration utan måste huvudsakligen bero på, att skottet genom att oupphörligt utsättas för luftströmmar av relativt låg temperatur förlorade en del av sin värme genom ledning. För andra av växtens organ, framför allt bladskivorna, förhåller det sig på annat sätt. Där måste vinden även verka temperaturnedsättande genom att öka transpirationen.

Såsom jag redan hävdad, är emellertid vindstyrkan vid den övre skogsgränsen betydligt större å de isolerade lågfjällen än i högfjällsområdet, där den säkert är särskilt svag på de lokaler, varest skogen går högst. Under klara dagar måste därför björkarnes egen temperatur med större belopp överskrida lufttemperaturen vid skogsgränsen i det senare området än i det förra. Och eftersom det icke finnes anledning antaga att molnbedäckningen är mindre i östra och inre Lappland än i högfjällsområdet, åtminstone icke än i dettas östra del, måste även vid lika lufttemperatur en större värmemängd komma björken till godo i den senare zonen än i den förra. D. v. s. de isotermer som på övre björkskogsgränsen kunna dragas med ledning av björkarnes egen temperatur äro icke parallella med luftisotermerna, utan stiga i förhållande till dessa in emot den sammanhängande lågfjällszonen och högfjällen. Och om en dylik divergens förefinnes i förhållande till isotermerna för den lokala lufttemperaturen, är den naturligtvis ännu större i förhållande till de allmänna isotermerna.

De här ovan berörda förhållandena torde mana till varsamhet vid behandlingen av sådana problem som huru växtarter eller vegetationstyper i sin utbredning äro beroende av allmänna temperaturfaktorer. Genom att parallellisera växtgränser med luftisotermer kan man kanske alltid erhålla en tillfällig eller skenbar överensstämmelse mellan de förra och något slag av de senare. En fullständig sådan existerar dock helt säkert icke i verkligheten. Särskilt torde avvikelserna vara stora när det gäller den *regionala* (vertikala) utbredningen, emedan lokala faktorer därvid spela större roll än annars, och förhållandet mellan luftens och växtens temperatur i samband därmed lätt påverkas. Men även beträffande zonala (horisontala) gränslinjer kan man icke vänta att de direkt skola vara betingade av läget för de allmänna isotermerna, vilka baseras på värdena från våra meteorologiska stationer. Växtklimatet är alltid närmast ett lokalklimat, och dettas yttringar sträva våra meteorologer alltid att så vitt möjligt eliminera. Vid användningen av det allmänna klimatets temperaturvärden bör växtgeografen därför alltid införa en korrektion för de lokalklimatiska avvikelserna hos ståndorten. Dessa variera från trakt till trakt, från det ena klimatområdet till det andra, såsom jag redan haft tillfälle hävda vid behandlingen av *Ranunculus hyperboreus* utbredning i Fennoskandia (6). Och samtidigt förändras alltid förhållandet mellan den lokala lufttemperaturen och växtens egen.

Termiska orsaker till björkskogsgränsens lokala nivåvariation.

Utom på björkskogsgränsens zonala nivåvariation inverka de ovan behandlade faktorerna naturligtvis också på den lokala. Ett av de viktigaste hithörande spörsmålen är sambandet mellan terrängens lutningsriktning och skogsgränsens höjd. Ofta har framhållits att olika exposition gent emot solbelysningen i och för sig skulle åstadkomma stora nivåvariationer hos björkskogsgränsen. På de isolerade

låg fjällen är det lättast att studera detta förhållande, ty där äro sådana störande faktorer som markfuktighet och vindexposition i allmänhet av mera lika kvalitet på alla sluttningar.

På Gellivare Dundrets nordsida har jag bestämt björkskogens högsta nivå till 625 *m* ö. h. På sydsidan ligger den däremot på 660 meters höjd. Vuosmavare uppvisar en differens på 35 och Kuorainen på 25 *m* mellan nord- och sydsidorna. På dylika fjäll utgör gränsen alltså ytterlinjen av ett plan, som avskär fjälltopparne i sned riktning, i det att det lutar från S mot N. När fjällens nivå är tillräckligt låg, förlägges detta plan genom själva topp-partiet, och fjällregionen blir då helt och hållet lokaliserad till den norra sidan såsom jag ovan s. 8 omnämmt. Detta är t. ex. fallet med det fjäll som ligger 4 *km* NO om Killingi vid Kaitum älv och å kartan är betecknat med höjdsiffran 620. På sydsidan går björkskogsgränsen genom toppen, på nordsidan anträffas den på en nivå av 595 *m*. Kartan anger däremot oriktigt att toppen ligger i centrum av *regio alpina*. — Terrängens lutningsriktning synes alltså i O endast medföra en nivåvariation av 25—35 *m*, en siffra som dock nog är något för låg, emedan nordsidorna ofta äro något fuktigare än sydsidorna.

I högfjällsområdet med dess mera komplicerade topografi är det mycket svårare att borteliminera alla felkällor. I Luledalens nordvästliga avsnitt i högfjällszonen äro dock, såsom jag ovan påpekat (s. 12), dalsidorna synnerligen jämnsluttande utan framskjutande utsprång. Vindexponering och markfuktighet blir därför i stort sett lika stora på långa sträckor på en och samma dalsida och även på dalsidorna inbördes. Å nordvästsidan (solsidan) fortlöper björkskogsgränsen därför nästan snörrätt på den mellan Rajvotjäkko och Maukovare belägna c:a 1 mil långa sträckan. Från en punkt å den motsatta dalsidan på samma nivå kan man genom en horisonterad nivelleringsstub oavbrutet följa och insyfta den på hela denna sträcka. Dess nivå är vid Maukojokk 712, vid Suolokajokk 706 och nedanför Rajvotjäkko 710 *m* (se tab. 3 s. 12). Den motsatta mot NO exponerade sidan uppvisar på en sträcka SO om Akka och S om Luleå på en liknande jämn och jämförelsevis svag sluttning. Här ligger björkskogsgränsen kilometerlångt på en nivå av 680 *m*. Nivådifferensen för sydväst- och nordostexponering synes således i denna zon vara c:a 30 *m*¹. Ännu längre i V är det svårt att erhålla exakta värden för denna faktor på grund av den stora motsatsen mellan vindexponerade och vindskyddade lokaler.

Terrängens lutningsriktning i förhållande till solbelysningen synes alltså endast jämförelsevis obetydligt influera på björkgränsens nivå. Till samma resultat hava förut FRIES (5, s. 154) och HAMBERG (14, s. 245) kommit. I själva verket är det kanske endast, vad man kunnat vänta. Visserligen torde lufttemperaturen växla med markens lutningsriktning och detta sannolikt i högre grad ju större lutningsvinkeln är, men inverkningarna av lufttemperaturen modifieras, såsom jag ovan visat, av växtens egen temperatur, vilken beror av den direkta solstrålningen. Och

¹ Detta värde får dock såsom nämnts något ökas till följd av att nordexponerade sluttningar gärna äro något fuktigare än sydexponerade (se nedan s. 57).

denna verkar med samma intensitet, i vilken riktning än den terräng sluttar, å vilken växterna stå.

Helt annorlunda blir förhållandet, såsom HAMBERG påpekat (o. a. s.), om den nordexponerade sidan fortsätter uppåt i så höga och branta sluttningar, att björkskogen nedanför blir beskuggad. Björkskogsgränsen blir då betydligt nedpressad. Man kan ju om man så vill, räkna även detta specialfall till lokalklimatets termiska avvikelser. Exempel härpå har man på den sydöstra stranden av övre Langasjaure. Över densamma resa sig Luleb och Kaska Kirkao med delvis alldeles lodräta 600 å 700 *m* höga bergväggar. Även på de ställen, där edafiska hinder icke föreligga, når björkskogen nedanför ställvis ej högre än 415 å 420 *m* d. v. s. cirka 300 *m* lägre än på de sydexponerade sluttningarne av det mitt emot belägna Juobmotjåkko, och detta beror säkerligen på, att ifrågavarande lokaler under större delen av dagen äro fullständigt beskuggade. Längre i NV går den under branterna av Alleb Kirkao upp till nära 600 *m* ö. h., vilket framgår av min karta över St. Sjöfallsområdet (8)¹ d. v. s. cirka 100 *m* lägre än på det mitt emot liggande Nieras. Även här är beskuggningen åtminstone en av orsakerna till nedpressningen.

Björkskogsgränsen och fuktighetsfaktorerna.

Markens vattenhalt och björkskogsgränsen.

Den övre björkskogsgränsen stiger alltså i förhållande till de allmänna isothermerna från O in emot högfjällen. Enligt vad jag visat, beror detta till stor del på termiska olikheter hos de olika zonernas lokalklimat och på zonala differenser i förhållandet mellan luft- och växttemperaturen. Men dessa faktorer kunna ej utgöra de enda orsakerna. Såsom jag redan framhållit, är det nämligen otvivelaktigt; att ej endast den övre björkskogsgränsen utan även björkskogsgränsens medelnivå är högre i de sammanhängande högfjällens och högfjällskedjans zoner än å de isolerade högfjällen i O, ehuru differenserna mellan de olika områdena i detta hänseende icke äro så utpräglade. Skogsgränsens medelnivå är emellertid en produkt av förhållandena på såväl termiskt gynnsamma som ogynnsamma lokaler. Dess höjning in emot de högre områdena kan därför icke gärna enbart vara be- tingad av ett på enstaka ställen varmare klimat utan torde även bero på andra faktorer, vilka också i sin ordning kunna inverka på den övre björkskogsgränsen.

Det ligger då närmast till hands att nämnda faktorer utgöras av olikheter i den mängd, vari vattnet förekommer såväl i marken som i luften. Uti ett klimat sådant som det ifrågavarande är marken om vintern som bekant fysiologiskt sett vattenfri. För en tropofyt som björken kan detta dock i allmänhet ej medföra någon olägenhet. Emellertid har ju KIHLMAN visat (25), att vid tillfälligtvis inträffande speciellt ogynnsamma atmosfäriska förhållanden vattenbristen kan åstadkomma,

¹ Ej till nära 700 som HAMBERG oriktigt uppgiver (14, s. 254).

att skott och kvistar borttorka och avdö, om de på vindexponerade lokaler skjuta upp över det skyddande snötäcket. Härigenom uppstå på sådana ställen egendomliga björkbuskformationer av olika typer, beskrivna av nämnda forskare och för Torne Lappmarks vidkommande av FRIES (5). De karaktäriseras huvudsakligen av att björkindividen i allmänhet uppvisa ett större antal axlar än vanligt, och av att de flesta grenspetsarne äro lokaliserade till den nivå, vilken intages av snötäckets yta under den kritiska årstiden (senvintern). En yta lagd igenom grenspetsarne återger därför snötäckets form och höjd.

A priori är det alltså tänkbart att dessa vintertiden försiggående uttorkningsprocesser kunna influera på björkskogsgränsens nivå. Detta skulle naturligtvis kunna vara fallet, om det skyddande snötäcket i större utsträckning förekom på de lägre nivåerna i fjällen. Som bekant är detta verkligen förhållandet. Det är känt att snön höljer marken med ett jämnt täcke i skogsregionen, medan den ovanför endast uppträder i fläckar eller drivor, ja, stundom under vissa tider av vintern i stor utsträckning saknas. Detta förhållande beror dock¹ icke på att skogsregionen är bunden till någon viss terräng; som gynnar avlagringen av snö, utan på tillvaron av skogen själv, som erbjuder ett gott vindskydd och följaktligen för snöavsättningen lämpliga förhållanden. Påståendet att vinduttorkningen under vintern hindrar björkskogen att tränga upp över en viss linje innebär alltså ingenting annat, än att skogsgränsen skulle betingas av sig själv. Uppfattningen beror på förväxling mellan orsak och verkan.

En helt annan sak är det att björkskogen vid sin övre gräns till följd av de ovannämnda processerna lätt antager den egendomliga driv- eller buskdyntypen, vilken i själva verken är en motsvarighet till den jag beskrivit från den sydsvenska kusten (7), ehuru uppkommen till följd av andra faktorer. I denna mening kan alltså vinteruttorkningen lokalt nedpressa den övre gränsen för skogen genom att därstädes ersätta de övre trädbestånden med buskformation. Ingenstädes har jag emellertid funnit att en sammanhängande region av buskdynner avgränsar skogen mot *regio alpina*. Och den areal av sådana som förekommer har vanligen en mycket obetydlig bredd.

Under den varma årstiden är som bekant luftens relativa fuktighet mestadels mindre än under vintern, och särskilt gäller detta för dygnets ljusaste del. Vidare är björkens transpiration då tack vare bladverket ofantligt mycket kraftigare. Arten närmar sig då i organisatoriskt hänseende mesofyterna och är t. ex. mycket mindre xerofil än barrträden. På grund av dessa två omständigheter är den också mycket känsligare för vattentillgången i substratet än under vintern. Markens vattenhalt i olika zoner kan därför väl tänkas influera på björkskogsgränsens nivå.

Några verkligt ingående undersökningar rörande dessa förhållanden hava ännu icke utförts. Visserligen omnämner HAGLUND (12, s. 58) att man finner enstamiga och kraftiga björkar i synnerhet på fuktig lokal och god jordmån, medan de

¹ Med undantag av vissa här nedan behandlade specialfall (s. 37).

under alldeles samma expositionsförhållanden äro små buskar på torr lokal, en iakttagelse, som f. ö. redan gjorts av HOLMERZ och ÖRTENBLAD (18, s. 48). Men ännu är intet känt beträffande denna faktors inflytande på regiongränserna ¹.

Emellertid är det av många forskare omnämnt att björkskogen vanligen går högre i raviner och bäckdalar än i omgivningen. Detta påpekas t. ex. även av de

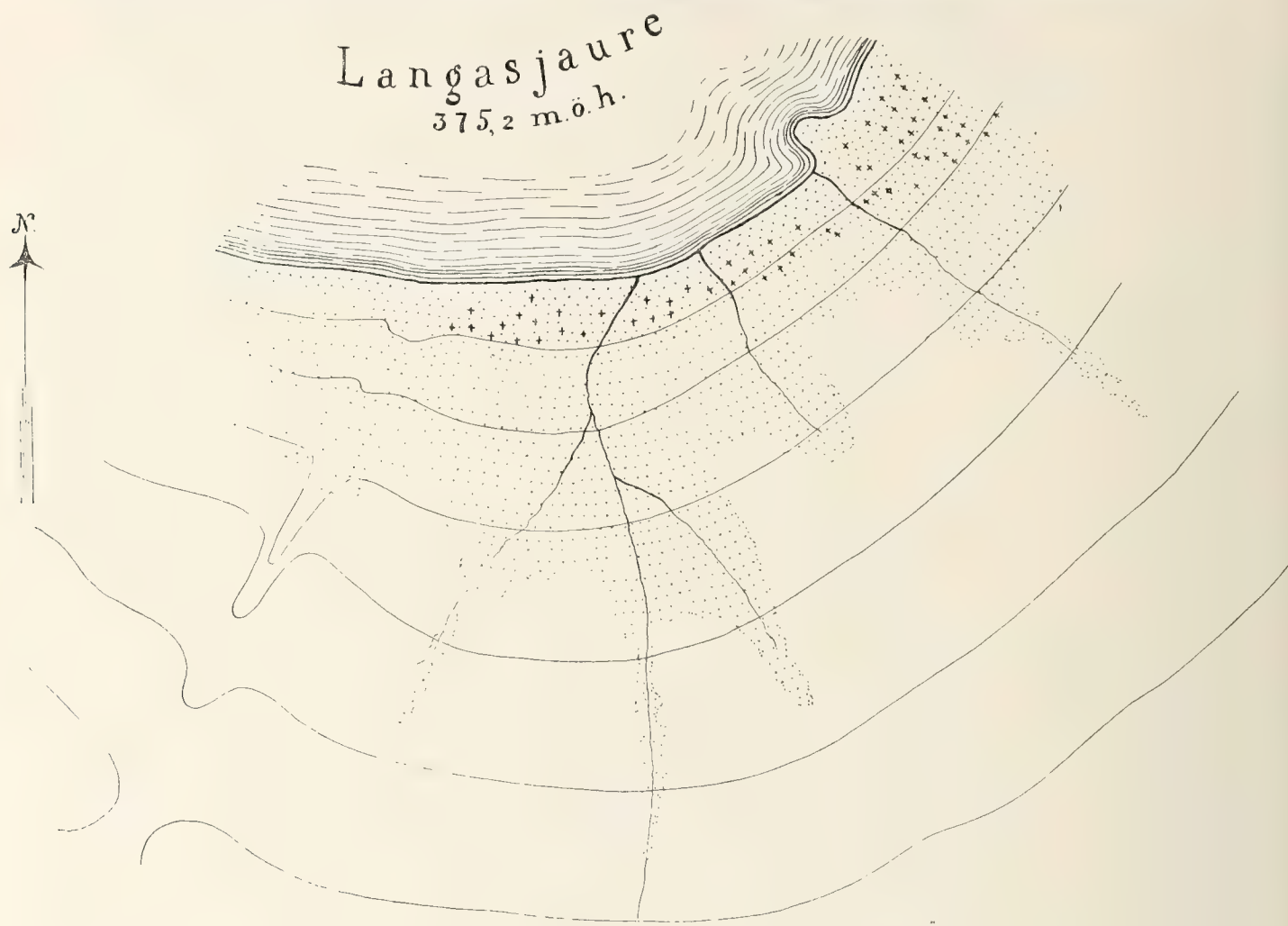
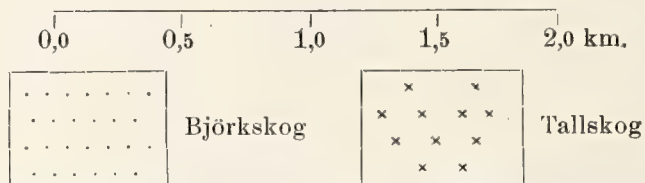


Fig. 4.



Kartskiss över björkskogsgränsen vid Saltoluokte. Höjdkurvor för var 50:de meter från Langasjaures nivå räknat.

båda sistnämnda författarne, vilka betona att den större fuktigheten hos substratet därvid är av betydelse, men de tillägga också, att det bättre vindskyddet samtidigt spelar en viktig roll (o. a. a., s. 48). I verkligheten förhåller det sig så att björk-

¹ Dock har SYLVÉN i korthet antytt dess betydelse även för dessa (35, s. 4).

skogsgränsens uppåtgående tung- eller bandformiga flikar i de allra flesta fall äro lokaliserade just till sänkor eller rännor i terrängen, och där finnes en hel rad av gynnsamma faktorer, som saknas i omgivningen. Dessa äro: 1) högre vattenhalt i substratet (ofta vattnat av bäckar), 2) vindskydd, som minskar transpirationen, 3) till följd av vindskyddet lokalt högre temperatur (se s. 27—29 i det föregående), 4) större luftfuktighet vilket är en följd av de två förstnämnda omständigheterna, 5) snöskydd under vintern, i det dylika sänkor då äro snöfyllda.

På de allra flesta lokaler är det alltså omöjligt att utläsa vilket inflytande enbart den förstnämnda av dessa faktorer utöva på skogsgränsens nivå. Emellertid har jag i några fall anträffat omständigheter, vilka möjliggjort detta. Här nedan skall i korthet redogöras för ett av de mest talande fallen.

Nedre delen av fjällslätterna S och SO om Saltoluokte vid Langasjaure sluttar svagt mot Lule-dalen och övergår långsamt i den nedanför liggande dalsidan. Terrängen bildar alltså här mellan isohypserna för 450 och 800 *m* ett ganska svagt sluttande plan, som är starkt exponerat för de i Lule-dalens riktning framrusande NV-vindarne. Denna jämna yta är därför under somrarne mycket torr med undantag av vissa lokala strök. Från några högt upp belägna och långt fram på sommaren kvarliggande snöfläckar översilas slätten av några små rännilar, som visserligen torka ut under sommaren, men vilkas bäddar jämte marken längsefter dem då i alla händelser äro betydligt fuktigare än omgivningen. De små bäckarne hava dock icke ännu, annat än i dalsidans nedersta parti, hunnit utskära några rännor i terrängen. På själva slätten ligga därför deras bäddar i nivå med omgivningen eller högst någon *dm* nedskuren under den jämnt sluttande ytan, vilket utvisas av höjdkurvorna å fig. 4.

På den torra marken å denna starkt vindexponerade yta ligger björkgränsen mycket lågt — ställvis t. o. m. under 500-meterskurvan. Undantag härifrån utgör endast den fuktiga terrängen omkring de små bäckarne. Längs dessa går björkskogen som smala band eller tungor ända till 150 *m* högre än i omgivningen. Den är en ängsbjörkskog och för dess sammansättning är följande anteckning av den 26 juni 1914 från en av björktungorna belysande. Höjd ö. h. 600 *m*.

Lägsta skogsskiktet.

Betula pubescens s¹

¹ I den följande framställningen användas de ursprungliga frekvensbeteckningarne y(mnig), r(iklig), s(trödd), t(unnsådd), e(nstaka), i st. f. de frekvenssiffror som på senare tider här o. där kommit till användning. Dessa inge nämligen en föreställning att de erhållits medels en exakt uppmättningsmetod, medan man ju i verkligheten fått dem genom skattning.

Snårskiktet.

| | | | |
|---------------------------------|---|-----------------------------|---|
| <i>Betula nana</i> | s | <i>Juniperus nana</i> | e |
| » <i>pubescens</i> | s | <i>Salix glauca</i> | e |
| <i>Salix phylicifolia</i> | t | » <i>lapponum</i> | e |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | | | e |

Högsta fältskiktet.

| | | | |
|--|---|------------------------------------|---|
| <i>Betula nana</i> | s | <i>Angelica Archangelica</i> | e |
| <i>Salix lanata</i> | s | <i>Rumex arifolius</i> | e |
| <i>Chamænerium angustifolium</i> | t | <i>Salix lapponum</i> | e |

Mellersta fältskiktet.

| | | | |
|---|-----|-------------------------------------|---|
| <i>Dryopteris Linneana</i> | s—r | <i>Melandrium *lapponicum</i> | e |
| <i>Geranium silvaticum</i> | t | <i>Solidago virgaurea</i> | e |
| <i>Cirsium heterophyllum</i> | e | <i>Stellaria nemorum</i> | e |
| <i>Trollius europeus</i> (steril) | | | e |

Lägst fältskiktet.

| | | | |
|------------------------------------|-----|--------------------------------|---|
| <i>Dryopteris Linneana</i> | s—r | <i>Oxalis Acetosella</i> | t |
| <i>Melampyrum silvaticum</i> | t | <i>Pyrola secunda</i> | e |

Bottenskiktet.

Diverse mossor

Björkarna voro ända till 4 m höga, ofta av mycket livskraftigt utseende och verkade ingalunda vindpinade. Björkskogen begränsades direkt av fjällheden utan någon mellanoliggande björkbuskzon (se tavla II). De 5—10 meterna närmast skogsgränsen bestod fjällheden av en *Betula nana*-association, då ju marken där ännu var jämförelsevis fuktig. För övrigt ägde den i allmänhet emellan de uppskjutande björkskogstungorna följande sammansättning:

Mellersta fältskiktet.

| | | | |
|-----------------------------|---|--------------------------------------|---|
| <i>Carex rigida</i> | t | <i>Calamagrostis lapponica</i> | e |
| <i>Betula nana</i> | e | <i>Festuca ovina</i> | e |
| <i>Luzula spicata</i> | | | e |

Lägst fältskiktet.

| | | | |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| <i>Arctostaphylos alpina</i> | s | <i>Juncus trifidus</i> | t |
| <i>Empetrum nigrum</i> | s | <i>Loiseleuria procumbens</i> | t |
| <i>Bryanthus coeruleus</i> | t | <i>Pedicularis lapponica</i> | e |
| <i>Festuca ovina</i> (steril) | t | <i>Vaccinium uliginosum</i> | e |
| <i>Vaccinium vitis idæa</i> | | | e |

Bottenskiktet.

| | | | |
|---|---------|--------------------------------------|---|
| <i>Stereocaulon paschale</i> | r | <i>Cetraria nivalis</i> | e |
| <i>Cladina rangiferina</i> * <i>alpestris</i> } | t | <i>Tamnolia vermicularis</i> | e |
| » » β <i>silvatica</i> } | | <i>Polytrichum juniperinum</i> | e |
| <i>Nephroma arcticum</i> | t | Andra mossor..... | t |

Å lokalt särskilt torra partier uppträdde *Diapensia lapponica* som tunnsådd.

Den stora olikheten i sammansättningen av dessa tvenne vegetationer visar tillräckligt att markens vattenhalt är mycket olika. I själva verket är det också fullständigt otvivelaktigt att det är denna omständighet som ensam förorsakar att björkskogen går mera än 100 *m* högre på det ena slaget av mark än på det andra. Båda marktyperna äro nämligen i fullständigt lika hög grad vindexponerade. Följaktligen äro såväl luftfuktighet som lufttemperatur lika. Och möjligheten av snöskydd på de fuktiga områdena under vintern är alldeles utesluten, emedan dessa ligga i nivå med omgivningen (se fig. 4). Om en sådan faktor spelade in, skulle för övrigt björkskogen i sina yttre delar övergå i björkbuskformationer av driv- eller dyntyp. I stället finnas nu ej ens enstaka björkbuskar, utan de trädformiga björkarne gå ända fram till själva kanten av heden (se tavla II) och visa i allmänhet ej ens någon vindpåverkan.

Ett dylikt fall, då björkskogen under i övrigt lika förhållanden går högre på fuktig mark än på torr, har jag bl. a. träffat på sydsidan av Tjiskavare nära Lappbergs hållplats. Björkskogsgränsen skjuter ut i den fuktiga terrängen åtminstone ett par tiotal meter högre än omgivningen. Samma fenomen möter man på östsidan av Allep Apakes. Även där finnes en jämn, svag sluttning utan några slags bäckfåror. På ett par ställen sipprar dock vatten fram över marken, och här går björkskogen 30 à 35 *m* högre än i den torra terrängen på sidorna. — Slutligen har jag funnit ett exempel på företeelsen i fråga på issjöterrasserna mellan Snjuttjotes och Akka. På den vindexponerade V-sidan av dessa (se min karta över dessa terrasser 8, tavla 7) går björkskogen ej högre än 565 *m* ö. h. (Jag bortser här från ett par till hälften vindskyddade lokaler). De vidsträckta torra och vindexponerade terrassplanen äro däremot fullständigt skoglösa på en enda fläck när. I kröken av en liten bäck fuktas den omkringliggande markytan av dess vatten. Oaktat vindexponeringen här synes lika kraftig som för övrigt å planen, finnes här en liten isolerad skogs-dunge, vars översta del ligger 603 *m* ö. h. Den rikliga vattentillgången har alltså här förskjutit skogsgränsen cirka 40 *m* uppåt.

Det är alltså uppenbart att markens vattenhalt just under sommaren har den största betydelse för björkskogsgränsens nivå. Och denna betydelse ökas, om fuktighetsförhållanden i övrigt äro ogynnsamma. När transpirationen växer för mycket till följd av ovanligt stor vindstyrka eller ringa relativ luftfuktighet, pressas björkarne ned under sin termiska gräns. Om markens vattenmängd då på vissa lokaler är tillräckligt stor för att tillåta en

ökad absorption, skjuter björkskogsgränsen här högt över vad som är fallet i omgivningen.

Att betydelsen av markens vattenhalt verkligen är så stor för björkskogens vertikala utbredning, lämnar i själva verket en stor del av förklaringen till den övre björkskogsgränsens höga läge i en del av högfjällszonen, nämligen där den uppträder som de övre spetsarne av uppskjutande tung- eller bandformiga flikar. Eftersom dessa i de allra flesta fall äro lokaliserade till markerade sänkor eller bäckdalar, är det just den större markfuktigheten i dessa som jämte de faktorer jag ovan skildrat i hög grad bidrager till att björkskogen där skjuter upp över omgivningen. Och då dylika fuktigare erosionsdalar totalt saknas på så gott som alla isolerade lågfjäll, helt enkelt därför att dessa äro för små för att dylika skola kunna uppstå, blir denna faktor i själva verket en av de viktigaste orsakerna till, att den övre björkskogsgränsen ligger så mycket lägre på de senare än i de sammanhängande lågfjällens och högfjällens zoner. Och samtidigt blottar detta förhållande de svåra bristerna hos den arbetsmetod, som enbart tar hänsyn till den övre björkskogsgränsen utan att införa korrektioner för denna felkälla.

Emellertid återstår att tillse, huruvida ifrågavarande omständighet inverkar på den övre björkskogsgränsens nivå även där den löper fram mera rätlinjigt längs dalsidorna och framför allt, om den influerar på björkskogsgränsens medelnivå i de olika zonerna.

Markfuktighetens inverkan på björkskogsgränsens zonala nivåvariation.

När en gång en tillräckligt noggrann kartläggning kommer till stånd — förr kan exakta värden för björkskogsgränsens medelnivå ej erhållas — skall det såsom jag redan nämnt, med säkerhet visa sig, att densamma ligger högre i högfjällen än å de isolerade lågfjällen. För att kunna konstatera, huruvida detta beror på en större markfuktighet i det förra området än i det senare borde man ju egentligen ha tillgång till värden för markens medelvattenhalt i och strax ovanför björkskogsgränsen. Då sådana av lätt förklarliga skäl t. v. icke stå att erhålla, återstår ingen annan utväg än att genom en undersökning av vegetationens karaktär i de olika områdena söka erhålla upplysning om markfuktigheten.

Närmast ligger det kanske till hands att för detta ändamål jämföra undervegetationen i björkskogens översta del i de skilda områdena. Till följd av den överallt likartade beskuggningen och en del andra inverkande faktorer kan man dock icke vänta att på så sätt erhålla tillräckligt tydligt resultat. En beständ skillnad förefinnes dock. Lavbjörkskogen har jämförelsevis stor utbredning i O. Den ersättes emellertid alltnera av mossbjörkskog, ju längre V-ut man kommer, och i högfjällsområdet är den relativt sällsynt. Det återstår då att i vegetationens beskaffenhet i de nedre delarne av *regio alpina* d. v. s. närmast ovanför björkskogs-

gränsen söka erhålla ett indicium på markens fuktighetsgrad. I de zoner där denna sålunda finnes vara relativt störst i närheten av skogsgränsen, torde den senare nå närmare sin termiska gräns än på ett torrare substrat.

Översikt av vegetationens sammansättning å de lägre nivåerna av regio alpina. På de östliga lågfjällen är fjällheden den enda vegetationstypen, och den är huvudsakligen sammansatt av speciellt xerofila associationer. På Gellivare Dundret t. ex. dominerar på de lägre nivåerna en lavrik *Empetrum*-hed av ungefär samma sammansättning som FRIES beskrivit från Torne Lappmark (5, s. 67). I fuktigare sänkor blir den något mossblandad. — Mera lokalt förekommer en mossrik *Betula-nana*-association. På sydsidan, där björkskogen går högre än på lågfjällen i allmänhet, är den ersatt av en *Vaccinium-Myrtillus*-association av samma typ som här nedan skall beskrivas från högfjällen. Denna lämnar i sällsynta fall plats för en mossrik *Bryanthus-coeruleus*-association, vars sammansättning torde vara av intresse, eftersom den ej beskrivits av FRIES.

Lägsta fältskiktet.

| | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| <i>Bryanthus coeruleus</i> | r | <i>Astragalus alpinus</i> | e |
| <i>Empetrum nigrum</i> | s | <i>Bartsia alpina</i> | e |
| <i>Vaccinium vitis idæa</i> | t | <i>Festuca ovina</i> (steril) | e |
| <i>Lycopodium Selago</i> | | | e |

Bottenskiktet.

| | | | |
|----------------------------------|---|----------------------------------|---|
| Diverse bladmossor | y | <i>Cetraria cucullata</i> | e |
| <i>Cladina rangiferina</i> | t | <i>Nephroma expallidum</i> | e |

I själva verket är vegetationen av sagda typ karaktäristisk för så gott som alla lågfjäll som tillhöra Lule-Vatten- och den nordliga gruppen (se ovan sid. 9). *Empetrum-nigrum*-heden är t. ex. förhärskande på Nietsakeskåbbo, Tjiskavare och Tabmokåive. På det förstnämnda är den blott lokalt ersatt av *Betula-nana*-hed och av en lavrik *Bryanthus-coeruleus*-association av samma typ som FRIES beskrivit. På Tjiskavare uppträder blott tillfälligtvis jämte *Empetrum* en lavrik *Juniperus-nana*-association. Tabmokåive uppvisar utom den förhärskande hedtypen endast enstaka fläckar med lavrik *Bryanthus-coeruleus*-, *Betula-nana* och *Vaccinium-Myrtillus*-associationer. På Kuorainen äro de dominerande *Empetrum-nigrum*- och *Loiseleuria-procumbens*-associationerna endast i de fuktigare sänkorna ersatta av *Betula-nana*- och lavrika *Vaccinium-Myrtillus*-associationer.

På den sydöstra gruppens lågfjäll är vegetationen av något annan prägel. Redan på Pjälloåive framträder detta tydligt. Även där förekommer visserligen den lavrika *Empetrum-nigrum*-associationen, men jämte densamma dominerar en *Arctostaphylos-alpina*-association, i vilken karaktärsarten t. o. m. uppträder som ymnig och täckande.

Ännu längre i SO blir fjällhedens xerofilitet allt större. På det 685 m höga Patjanen O om Gellivare dominerar visserligen den lavrika *Empetrum*-heden på toppen och nordsidan, men på sydsidan, särskilt på nivåerna närmast ovanför skogsgränsen härskar en lavrik *Arctostaphylos-uva-ursi*-association av följande typ.

Lägsta fältskiktet.

| | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| <i>Arctostaphylos uva ursi</i> | y | <i>Vaccinium vitis idæa</i> | t |
| <i>Empetrum nigrum</i> | t | » <i>Myrtillus</i> | e |
| <i>Linnea borealis</i> | t | | |

Bottenskiktet.

| | | | |
|----------------------------------|---|-------------------------------|---|
| <i>Cladonia</i> sp. | s | <i>Cetraria nivalis</i> | t |
| <i>Cladina rangiferina</i> | t | » <i>cucullata</i> | e |

På det ännu östligare Hirvasåive uppträder visserligen på lokalt fuktigare mark på sydsidan den lavrika *Vaccinium-Myrtillus*-associationen, men dominerande är även här den lavrika *Empetrum-nigrum*- och *Arctostaphylos-alpina*-heden.

I överensstämmelse härmed kan man vänta, att fjällregionens vegetation på de ännu östligare lågfjällen skall vara synnerligen xerofil. I själva verket finner man detta bekräftat på Teletöisentunturi. Dess topp uppvisar visserligen en lavrik *Calamagrostis-lapponica- Empetrum-nigrum*-hed. Och på nordsidan finnes sporadiskt i mycket små gropar *Vaccinium-Myrtillus*-associationen. Men f. ö. och särskilt på sydsidan anträffas den lavrika *Arctostaphylos-uva-ursi*-associationen omedelbart ovanför själva skogsgränsen, och på något högre nivå ersättes den av den förut omtalade *Arctostaphylos-alpina*-associationen, som uppvisar följande sammansättning.

Mellersta fältskiktet.

| | |
|-----------------------------------|---|
| <i>Festuca ovina</i> steril | e |
|-----------------------------------|---|

Lägsta fältskiktet.

| | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| <i>Arctostaphylos alpina</i> | y | <i>Vaccinium uliginosum</i> | e |
| <i>Empetrum nigrum</i> | e | » <i>vitis idæa</i> | e |

Bottenskiktet.

| | | | |
|----------------------------------|---|--|---|
| <i>Cladina rangiferina</i> | t | <i>Cetraria cucullata</i> | e |
| » <i>uncialis</i> | e | <i>Sphaerophorus coralloides</i> | e |
| <i>Cladonia</i> sp. ... | t | <i>Polytrichum juniperinum</i> | e |
| <i>Cetraria nivalis</i> | e | | |

Lågfjällens *alpina* vegetation, som sålunda i O är i stort sett mycket xerofil, blir på de sammanhängande lågfjällen av något annat karaktär. Redan på de

östliga av dessa t. ex. Saivotjåkko och Anutjåkko finner man att *Vaccinium-Myrtillus*-associationen intager en betydligare areal än längre österut. V om Jaurekaska, t. ex. på Tapmoktjåkko, accentueras detta förhållande ytterligare. Och i högfjällszonen finner man att denna fjällhedstyp överhuvud taget dominerar på de lägre nivåerna i fjällregionen, om man bortser från sådana extremt vindexponerade lokaler som de vid Saltoluokte. Men på de nedre jämna fjällsluttningarne på Juobmotjåkko's och framför allt Nieras' SO-sidor, på sluttningarne av Alleb Kirkao, Kaska Kirkao och åtskilliga fjäll längre västerut kan man passera kilometerlånga sträckor enbart i *Vaccinium-Myrtillus*-hed. Den når här ofta en vertikal bredd av ett par hundra meter. Enligt en av mina anteckningar av d. ²⁷/7 1914 från området mellan Alleb och Kaska Kirkao på 700 meters höjd hade den följande sammansättning.

Mellersta fältskiktet.

| | | | |
|----------------------------|---|-------------------------------|---|
| <i>Aira flexuosa</i> | t | <i>Luzula *sudetica</i> | e |
| <i>Rumex Acetosa</i> ... | t | | |

Lägst fältskiktet.

| | | | |
|----------------------------------|------------|------------------------------------|---|
| <i>Vaccinium Myrtillus</i> | y | <i>Lycopodium annotinum</i> | e |
| <i>Linnea borealis</i> | fläckvis s | » <i>complanatum</i> | e |
| <i>Carex rigida</i> | e | <i>Pedicularis lapponica</i> | e |
| <i>Cornus suecica</i> | e | <i>Solidago virgaurea</i> | e |
| <i>Empetrum nigrum</i> | e | <i>Trientalis europea</i> | e |
| <i>Hieracium alpinum</i> | e | <i>Vaccinium vitis idæa</i> | e |

Bottensskiktet.

| | | | |
|------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| <i>Cladina rangiferina</i> | t | <i>Nephroma arcticum</i> | e |
| <i>Stereocaulon paschale</i> | t | » <i>expallidum</i> | e |
| <i>Cetraria nivalis</i> | e | <i>Polytrichum juniperinum</i> | s |
| <i>Cladonia</i> sp. | e | Andra mossor | s |

Denna association, som i själva verket skiljer sig från sin motsvarighet längre österut, däri att mossorna i st. f. lavarne dominera i bottensskiktet, förekommer på svagt-medelmåttigt sluttande terräng såväl på de jämna ytorna som på upphöjningarna. Där marken lokalt företer ovanligt stor fuktighetsgrad, ersättes den av en *Vaccinium uliginosum*-association av följande typ.

Mellersta fältskiktet.

| | |
|--------------------------------------|---|
| <i>Calamagrostis lapponica</i> | e |
|--------------------------------------|---|

Nieras
¹/₈ 1914
600 m ö. h.

Lägst fältskiktet.

| | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| <i>Vaccinium uliginosum</i> | r | <i>Arcostaphylos alpina</i> | e |
| <i>Empetrum nigrum</i> | t | <i>Betula nana</i> | e |

Bottenskiktet.

| | | | |
|----------------------------------|---|------------------------------------|---|
| <i>Cetraria cucullata</i> | t | <i>Cladonia</i> sp. | t |
| » <i>nivalis</i> | t | <i>Stereocaulon paschale</i> | t |
| <i>Cladina rangiferina</i> | t | Diverse bladmossor | s |

I terrängens små sänkor och mindre fördjupningar ersättes *Vaccinium-Myrtillus*-associationen däremot av en så vitt jag vet hittills icke omtalad *Cornus-suecica*-hed av följande karaktär.

Mellersta fältskiktet.

Alleb Kirkao
27/7 1914
680 m ö. h.

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| <i>Aira flexuosa</i> | t | <i>Luzula</i> * <i>sudetica</i> | e |
| <i>Antoxanthum odoratum</i> | e | <i>Melandrium</i> * <i>lapponicum</i> | e |
| <i>Festuca ovina</i> | e | <i>Rumex Acetosa</i> | e |
| <i>Hieracium</i> sp. | e | <i>Solidago virgaurea</i> | e |

Lägsta fältskiktet.

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|
| <i>Cornus suecia</i> | r | <i>Euphrasia minima</i> | e |
| <i>Vaccinium Myrtillus</i> | s | <i>Linnea borealis</i> | e |
| <i>Aira flexuosa</i> (steril) | t | <i>Melampyrum silvaticum</i> | e |
| <i>Festuca ovina</i> | t | <i>Pedicularis lapponica</i> | e |
| <i>Dryopteris Linneana</i> | e | <i>Solidago virgaurea</i> (steril) | e |
| <i>Vaccinium vitis idea</i> | | e | |

Bottenskiktet.

| | | | |
|----------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| <i>Cladina rangiferina</i> | t | <i>Polytrichum juniperinum</i> | e |
| <i>Peltigera aphthosa</i> | e | Diverse andra mossor | s |

Längre västerut i högfjällszonens västra delar och framför allt i det västra fjällområdet upphör *Vaccinium-Myrtillus*-associationen att uppåt begränsa björkskogen. I dess ställe intages *regio alpinas* nedre delar av videnas buskformationer, som där ej längre äro inskränkta till bäckdalarne utan på långa sträckor utbreda sig gördelformigt längs björkskogsgränsen. På andra håll, särskilt V om högfjällen ersättas de av fjällängarnes mesofila associationer, som flerstädes gå ända ned emot björkskogen.

Det förefinnes alltså längs björkskogsgränsen en jämn övergång från extremt xerofila associationer i O till mesofila i V: På de isolerade lågfjäll längst i O som jag haft tillfälle besöka äro de båda *Arctostaphylos*-associationerna jämte något *Empetrum* förhärskande. Endast i de små groparne förekommer tillfälligtvis den lavrika *Vaccinium-Myrtillus*-associationen. Längre västerut får den senare något större utbredning, men dess förekomst är dock ett undantagsfall. *Empetrum*-associationen är här förhärskande och har undertryckt de båda förstnämnda. — På de sammanhängande lågfjällen

intar *Vaccinium-Myrtillus*-heden redan den större delen av arealen på de lägre nivåerna, och på de östra högfjällen blir den absolut förhärskande på dessa. Den blir nu mera mossrik än österut, och i st. för att den där var inskränkt till sänkorna, intager den här den jämna terrängen och markens upphöjningar. I de förra träffas nu i stället den mossrika *Cornus-suecia*-associationen, eller t. o. m. ängsassociationer. Slutligen ersättes den längst i V av videformationer och fjällängar.

Denna jämna övergång från xerofila till mesofila vegetationer beror tydligen icke direkt på någon olikhet i snöbetäckningen. Det bör kanske påpekas, att ingen av de här omnämnda xerofila typerna hör till dem, vilka enligt FRIES äro lokaliserade till barmark vintertiden, även om naturligtvis kravet på snöskydd är särskilt framträdande hos de mera mesofila. Utslagsgivande är däremot markens vattenhalt under sommaren, och det är alltså tydligt att denna strax ovanför *regio subalpina* tilltager från O till V.

Orsakerna till de zonala differenserna i markens vattenhalt.

Markens vattenhalt i de olika zonerna regleras i själva verket av ett flertal faktorer. I det östligaste området med dess kontinentala klimat inträffar sommaren först, och därtill är den där varmast. Redan av denna anledning är snösmältningen tidigast avslutad därstädes. Dessutom tilltager, som bekant, de atlantiska inflytelserna i intensitet mot V. Då ju det oceaniska klimatet karaktäriseras av, att maximalnederbörden är förlagd till vintern, torde alltså på en och samma nivå den under nämnda årstid nedfallna snömängden tilltaga från O till V. Slutligen är det ett bekant faktum, att den även växer med höjden ö. h. Å andra sidan avtager temperaturen i samma riktning. — Till följd av alla dessa orsaker räcker snösmältningen allt längre in på sommaren, ju västligare man kommer, och ju högre fjällen äro, samt fortgår på de högre nivåerna och delvis även längst i V sommaren igenom. Medan marken i O efter midsommar ej längre tillföres något smältvatten, översilas den längre västerut snart sagt under hela sommaren av sådant. Och även där detta ej längs markytan når ned till skogsgränsen utan till större delen tränger ned i marken, går det dock åter i dagen på de lägre nivåerna som grundvatten och håller sålunda marken fuktig.

Ju högre ett fjäll är, desto vidsträcktare och effektivare är följaktligen den subterrana vattenreservoar, som på detta sätt vidmakthåller markfuktigheten på dalsidornas lägre nivåer. På de obetydliga isolerade lågfjällskullarne är det från vintern sålunda magasinerade vattenförrådet snart uttömt, medan detsamma längre västerut utom på särskilt ogynnsamma lokaler räcker hela sommaren. Då härtill kommer att sommarnederbörden i de olika zonerna i stort sett får betraktas som lika hög men de uttorkande faktorerna värme och vindhastighet (se nedan) tilltaga mot O, är det helt naturligt att de isolerade lågfjällen och av dessa de östligaste äga den lägsta markfuktigheten på nivåerna omkring skogsgränsen, vilket överensstämmer med, vad vegetationens karaktär utvisar.

Som jag redan visat, är emellertid björken synnerlig känslig för graden av markens vattenhalt, och det är ju givet, att när denna faktor lokalt kan förskjutå björkskogsgränsen över 100 *m* i vertikal riktning, den även skall inverka på dess nivå i de olika zonerna. Då som jag visat markens vattenmängd växer från de isolerade lågfjällen mot de sammanhängande och från de senare inemot högfjällen, måste detta alltså uppfattas som en av de viktigaste orsakerna till, att björkskogsgränsens medelhöjd stiger i samma riktning.

Björkvegetationens karaktär vid skogsgränsen. Såsom jag redan i första avdelningen av detta arbete pointerat, har björkskogen vid sin övre gräns en annan prägel på de isolerade lågfjällen än längre västerut, vilket utvisar att den där lever under andra förhållanden. Dess övre del har nämligen förändrats till buskvegetation av stundom stor utsträckning. På Teletöisentunturi förekomma sålunda björkbuskar ända till 82 *m* över björkskogens gräns. På Appovare övergår björkskogen uppåt uti en tät björkbuskvegetation med en vertikal bredd av ej mindre än 85 *m*, och i vilken individen långsamt avtaga i höjd och frekvens med det växande avståndet från skogsgränsen. Denna är mycket svår att fixera, enär träden i björkregionens översta del bli allt mångstammigare, och det därför blir vanskligt att avgöra, när de verkligen övergått till »busk»typen. På Hirvasåive har denna buskgördel en vertikal utsträckning av 45 *m*.

Ingenting hos dessa buskvegetationer anger emellertid, att de uppkommit på sådant sätt som KIHLMAN och FRIES skildrat, d. v. s. till följd av bristande snöskydd och vinduttorkning under vintern. De av dessa författare beskrivna buskformationerna karaktäriseras av, att det största antalet av axlarna ha sina spetsar på samma nivå, d. v. s. att varje individ med sina grenspetsar markerar överytan av den snödriva, som om vintern skyddar detsamma. Något sådant finner man däremot aldrig hos de buskvegetationer, varom här är fråga. Buskarnas höjd avtar visserligen från skogsgränsen fram emot den öppna fjällregionen, samtidigt som individen småningom bli allt glesare. Men ingenting i buskarnes form antyder, att den höjd över marken, till vilken de nå, bestämts av en snödrivas överplan; grenspetsarna ligga icke på samma nivå och individen hava samma mjukt ovala eller runda form som varje annan buske. Och de skilja sig i detta hänseende synnerligen tydligt från de genom vinteruttorkning uppkomna bordbjörkar och plana buskformationer som nyssnämnda författare omtalat och, som även förekomma i Lule-området, ehuru där endast mera tillfälligtvis.

Det är i stället tydligt, att de björkbuskvegetationer som förekomma ovanför björkskogsgränsen på de isolerade lågfjällen äro xerofila utbildningsformer av björkskogen och bero på bristande vattentillgång och för stark transpiration under sommaren. För riktigheten av denna min uppfattning talar att buskgördeln i allmänhet har största bredden på de östliga, d. v. s. på de torrare av de isolerade lågfjällen, under det att den avtar i mäktighet mot V, samtidigt med att, såsom jag visat, vegetationen i allmänhet blir något mindre xerofil.

Vidare är busktypen särskilt väl utpräglad på de fjäll eller fjällslutningar, där marken består av grus eller glaciofluvialt material t. ex. på Patjanen. Och slutligen saknas den gärna på de särskilt höga av de isolerade lågfjällen, vilka just på grund av sin större höjd visa något större vattentillgång i marken på skogsgränsnivån i övererensstämmelse med den lag vilken jag ovan (s. 45) skisserat. Exempel härpå är Dundrets sydsida, där terrängen är jämförelvis fuktig, och där skogen går ovanligt högt (se tab. 1 s. 9).

Längre västerut avtaga buskformationerna i bredd. Redan på ett av de östligaste av de sammanhängande lågfjällen, nämligen Saivotjåkko, som är beläget i närheten av det nyssnämnda Appovare, är buskgördeln obetydlig, och i högfjällen och V om dessa saknas den helt och hållet utom på enstaka, särdeles torra och blåsiga lokaler, där en antydning till densamma kan anträffas. Men i regel är björkskogsgränsen här mycket skarpt markerad. Björkbuskvegetation finnes icke mellan björkskogen och *regio alpina* — som nämnts kan den däremot här och där vara ersatt av en videbuskvegetation — och björkträden äro t. o. m. enstammiga ända uppe på björkskogsgränsen (se tavla I och fig. 5).

Denna förändring från O till V av björkskogsgränsens karaktär försiggår alltså parallellt med förändringarne i markens vattenhalt

och beror i själva verket till stor del på denna. Den visar också att björkskogsgränsens ringa medelhöjd på de isolerade lågfjällen i O beror på, att den där är nedpressad under sin termiska gräns till följd av ogynnsamma fuktighetsförhållanden under sommaren. Beloppet av denna nedpressning är dock naturligtvis ej begränsat till buskbältets vertikala bredd. — Markens vattenhalt plägar man som bekant räkna till de edafiska faktorerna — om med rätt eller orätt vill jag ej här närmare diskutera — men i förevarande fall äro, som jag visat, växlingarna från zon till zon hos denna edafiska faktor intimt betingade av olik-



J. Frödin foto 2/8 1913

Fig. 5. Trädformiga björkar på björkskogsgränsen vid Suolakajokk (Alemusjaure).

heter i temperatur- och nederbördsförhållandena, och den är alltså ytterst av klimatisk natur.

Vindens inverkan på björkskogsgränsens zonala nivåvariation.

Växtens vattenhushållning beror ju dock ej endast av tillgången av vatten i substratet utan av transpirationsintensiteten, och denna påverkas i hög grad av, om atmosfären är i vila eller icke. Som jag redan framhållit, är vindhastigheten vid den övre skogsgränsen med säkerhet betydligt större på de isolerade högfjällen i O än i de sammangående lågfjällens zon och därstädes i sin ordning större än i högfjällen. Man har därför rätt att vänta, att denna faktor skall verka i samma riktning som markfuktigheten, ty den ökar ju avdunstningen i samma områden där vattentillgången är minst och medverkar på så sätt till skogsgränsens nedpressning därstädes.

I verkligheten är detta ingenting särskilt egendomligt för det här behandlade området. Redan SCHIMPER betonar uttryckligen (34, s. 765) att trädgränsen på Java ligger lägre än i många andra tropiska bergsländer, emedan dess berg äro isolerade toppar och ej slutna massiv, och fortsätter: »Das Verkrüppeln der Bäume tritt gleichzeitig mit der Spaltung der Gebirgsmassen in Kegel auf und hängt mit der dadurch bedingten Zunahme der Luftbewegung zusammen.» Alltså fullständigt samma förhållande som jag ovan belyst för Lule-områdets vidkommande. Och MAREK framhåller beträffande Ostalperna (27, s. 100), att de kraftiga vindarne i områdets yttre delar äro en av de viktigaste orsakerna till, att skogsgränsen där ligger lägre än i högalperna. Och rörande Fennoskandia torde BORGS erfarenhet från de finska fjällen vara lärorik (2, s. 37): »Es muss daran erinnert werden, dass die Höhe der Grenzen vor Allem von der mehr oder weniger geschütztem Lage abhängig ist.»

Luftfuktighetens inverkan på björkskogsgränsens nivå.

För transpirationsintensiteten har givetvis också luftens relativa fuktighet betydelse. I denna fråga hava uttalanden förut gjorts av skilda forskare. Så anse G. ANDERSSON och S. BIRGER (1, s. 17), »att det en gång skall låta sig bevisa att vår björkregions tillvaro till väsentlig del beror på det bälte med stor nederbörd, rik luftfuktighet och betydande molnrikedom, som finnes inom det parti av landet där temperaturen är nog hög att tillåta trädväxt.» Det tyckes alltså vara dessa forskares åsikt att kondensationsnivån i allmänhet sammanfaller med björkregionen. Tyvärr finnas ännu inga direkta observationer, med vilkas tillhjälp man skulle kunna avgöra detta spörsmål. FRIES' påstående (5, s. 177): »Irgendwelche Erhöhung oder Senkung der oberen Waldgrenze unabhängig von der Temperatur und also *direkt* durch Niederschläge bedingt kann nicht nachgewiesen werden», är alltså tills vidare endast därför berättigat att tillräckligt exakt material ännu saknas för frågans bedömande.

För att emellertid söka erhålla något exakt material till belysning av den fråga, som ANDERSSON och BIRGER fört på tal, uppsatte jag sommaren 1913 trenne Richards hygrografer vid Saltoluokte på den mot N svagt sluttande terrängen där städes. De monterades på samma sätt som förut omnämnts beträffande termograferna och placerades alla tre på vindöppen torr lokal. Den ena uppställdes i barrskogen c:a 1 km från Langasjaure samt 398 m ö. h., den andra i björk-regionens övre del 540 m ö. h. och den tredje i *regio alpina* 676 m ö. h. Vid alla tre apparaterna avlästes varje vecka våt och torr termometer på vanligt sätt, och med de så erhållna psykrometervärdena hava hygrografkurvorna korrigerats.

Tyvärr kunde ej den lägsta av de tre hygrograferna hållas i gång, enär den befanns behäftad med fabrikationsfel. De båda andra gävo i tab. IV o. V publicerade resultat, vilka återges i sin helhet, eftersom, så vitt det är mig bekant, inga värden för luftfuktigheten förut offentliggjorts för dessa trakter. Den maximala fuktigheten under dygnet har beräknats efter samma grund som förut minimumtemperaturen (se ovan s. 20).

Någon nämnvärd skillnad hos luftfuktigheten i björk- och fjällregionerna har alltså icke kunnat konstateras. Emellertid äro dessa värden icke tillräckliga för att frågan med ledning av dem skulle kunna avgöras. Ty dels erhöles icke uppgifter för barrskogsregionen, dels torde kondensationsnivån kunna växla läge från den ena sommaren till den andra, så att man skulle behöva värden för ett stort antal somrar för att kunna avgöra detta spörsmål.

Beträffande den relativa luftfuktighetens inflytande på skogsgränserna föreligga även uttalanden av FRIES, ehuru de äro av betydligt växlande innebörd. År 1911 hävdar han (4, s. 359), att större luftfuktighet än nu under en postglacial period kan hava nedpressat trädgränserna. År 1913 gör han däremot gällande (5, s. 178) att uttorkningen — sålunda en process av motsatt art mot vad som väl åsyftas i det förstnämnda uttalandet — starkast inverkar om vintern. För intetdera av dessa påståenden har emellertid någon bevisning presterats.

För en växtfysiologisk tankegång är förhållandet emellertid relativt enkelt. Jag har ovan visat att björkskogen är särdeles känslig för markens fuktighetsgrad om sommaren, och att dess gräns i O är nedpressad just av denna anledning. Men nämnda känslighet måste ökas, om förhållandena äro sådana att transpirationen växer, enär ju denna står i ouplösligt samband med absorptionen. Om substratets vattenhalt är ringa, måste alltså en mindre luftfuktighet vara ofördelaktigare än en större och i sin mån bidra till det ogynnsamma resultatet, ty den skärper transpirationen och ökar därigenom växtens vattenbehov. Om, såsom jag förut nämnt (6, s. 14), den relativa luftfuktigheten under sommaren och särskilt under dagens

varmaste del avtager från V mot O, måste nämnda omständighet direkt inverka sänkande på björkskogsgränsen i samma riktning¹.

Sammanfattning.

Den omstående redogörelsen ger vid handen, att i det här behandlade området den övre björkskogsgränsen och ehuru i mindre grad även björkskogsgränsens medelnivå stiger från de isolerade högfjällen i O inemot det sammanhängande lågfjällsområdet samt därifrån ytterligare inemot högfjällen. Ifrån dessa sjunka de mot norska kusten. Björkskogsgränsens nivå förändras alltså från inre Lappland och till högfjällszonen i samma riktning som landytans nivå. I stort sett förhåller den sig på samma sätt längre västerut, men ligger vid gränsen till Norge lägre än i inre Lappland, ehuru landets medelhöjd är betydligt högre.

Denna överensstämmelse mellan björkskogsgränsens och landytans nivå beror dock icke på en genom massupphöjningarna förorsakad höjning av den allmänna temperaturkurvan². Högfjällens nivå är ej tillräcklig för att åstadkomma en sådan. En inverkan i motsatt riktning gör sig nämligen gällande dels till följd av de i västlig riktning allt starkare oceaniska inflytelserna, dels på grund av de i högfjällen hopade snömassorna.

Den övre björkskogsgränsens stigning från O inåt högfjällen beror i stället på ett därstädes gynnsammare lokalklimat. Medan den på de isolerade lågfjällen alltid är belägen på vidöppna lokaler, åtnjuter den ett inemot högfjällen alltmera växande vindskydd. Detta medför en lokalt högre lufttemperatur, än vad som betingas av de allmänna klimatförhållandena. Vidare resulterar det uti att skillnaden mellan växt- och lufttemperaturen blir större än på de vindöppna lågfjällen. Längs en profil från O till V äro därför varken de lokalklimatiska isotermerna eller isotermerna för björkens egen temperatur parallella med de allmänt klimatiska isotermerna, utan stiga i förhållande till dessa från de östligaste fjällen in emot fjällkedjan.

Väster om denna sjunka de åter i förhållande till de senare, vilket förorsakas av att vindskyddet åter blir mindre och av den i denna riktning alltmera tilltagande molnrikedomen. Temperatursänkningen i förhållande till de allmänna isotermerna blir därför sannolikt ännu större än höjningen förut. Dessa omständigheter i före-

¹ Ehuru av ringa betydelse kan ett felcitrat av FRIES här lämpligen korrigeras. Enligt honom (5, s. 177) skulle jag ha påstått »dass der Unterschied in die relativen Feuchtigkeit der Luft an der norwegischen Küste und im inneren Lappland bewirke dass die obere Waldgrenze in den maritimen Teilen Norwegens unter ungünstigeren Wärmeverhältnissen an den Gebirgsseiten höher hinaufdringen könne als in Lappland». I själva verket har jag på anförda ställe yttrat (7, s. 25) att den norska kustens gynnsammare fuktighetsförhållanden icke räcka till att upphäva verkningarna av dess ofördelaktiga temperaturförhållanden.

² Möjligen med undantag av stigningen från de isolerade till de sammanhängande lågfjällen. Denna kan till någon ringa del vara förorsakad av en stigning av den allmänna temperaturkurvan, beroende dels på att högfjällen erbjuda ett godt skydd mot de oceaniska inflytelserna och dels på den jämförelsevis ringa snömängd som kvarligger in på sommaren på de sammanhängande lågfjällen (jfr. ovan sid. 25—26).

ning med den allmänna temperatursänkningen mot V betinga björkskogsgränsens fall i denna riktning.

Den ovannämnda lokala och vegetativa temperaturhöjning som från de östliga lågfjällen till högfjällszonen gör sig gällande på den övre skogsgränsen i förhållande till de allmänna isotermerna räcker dock icke till att förklara vare sig stigningen av den övre björkskogsgränsen eller ännu mindre höjningen av björkskogsgränsens medelnivå i denna riktning. Till denna medverka olikheter i markfuktigheten. Ju större höjd ö. h. ett fjäll uppvisar, och ju längre västerut det är beläget, desto större är under i övrigt lika förhållanden dess markfuktighet i skogsgränsnivån. Till följd av björkens relativt stora känslighet för fuktighetsfaktorerna kan björkskogen på torr mark och vid gynnsamma transpirationsförhållanden pressas ned åtminstone ett hundratal *m* under sin termiska gräns. I egenskap av tropofyt är arten känslig för differenserna i markens vattenhalt huvudsakligen om sommaren; det är då som de ifrågavarande inverkningarne göra sig gällande och framkalla nämnda såväl lokala som zonala nivåvariation. Att »massupphöjningarne» skjuta björkskogsgränsen uppåt, är sålunda beroende på, att markfuktigheten i skogsgränsnivån under i övrigt lika förhållanden är större, ju högre fjällen resa sig över densamma. Detta innebär en stor olikhet gent emot förhållandena i Alperna, där skogen upp till sin översta gräns består av de xerofila, för dylika inflytelser mindre mottagliga barrträden. Det är därför föga lyckligt att därifrån låna synpunkter och metoder vid bedömandet av de faktorer, som bestämma skogsgränsens nivå i Fennoskandia.

Av HAMBERGS uttalanden (14, s. 249) framgår, att i det närbelägna Sarek den övre björkskogsgränsen lokalt kan stiga ända till 50 à 60 *m* högre än på de högsta lokalerna i Lulesjöarnes omgivningar. Det förefaller sannolikt att detta betingas av en tillspetsning av de här behandlade lokalklimatiska faktorerna i särskilt gynnsam riktning.

Av olika forskare — bl. a. A. G. HÖGBOM (21, s. 304) — hava jämförelser gjorts beträffande björkskogsgränsens nivå i norra och södra Norrland. Att exakt fastställa dess fall från S till N är naturligtvis vanskligt, på grund av dess öst-västliga nivåvariation. Först sedan man hunnit bestämma medelvärdet för dess höjd på tvänne nordväst-sydostliga linjer tvärs över fjällkedjan, en i S och en i N, varvid även bör tagas hänsyn till medelvärdena för varje zon, torde ett sådant försök giva fullt pålitligt utbyte. Några ungefärliga mått på sänkningen mot N torde dock kunna erhållas, om hänsyn tages till läget i väst-östlig riktning för lokalerna i fråga.

Beträffande de sydöstliga lågfjällen i Dalarne har SAMUELSSON (32, s. 343) erhållit det lägsta värdet för övre björkskogsgränsen på Andjusvarden, där densamma är belägen o. 750 *m* ö. h. Det torde på grund av sitt läge karaktäriseras av samma fuktighetsförhållanden som Teletöisentunturi och sålunda motsvara detta, på vilket jag uppmätt den övre björkskogsgränsens nivå till 538 *m*. Differensen blir alltså något över 200 *m*. — På övergången mellan de isolerade och sammanhängande lågfjällen

i det förra landskapet synes björkskogen enl. nämnda författare nå upp till 875 meters höjd. Motsvarande läge inom Lule-området intaga Appovare och Saivotjäkko, som uppvisa värdena 662 och 696 *m*. Differensen blir alltså ungefär densamma som i förstnämnda fall d. v. s. cirka 200 *m*. Genom extrapolation erhålles att den övre björkskogsgränsen i norra delen av Torne Lappmark på fjäll med motsvarande läge skall ligga ytterligare 30 *m* lägre. Man skulle sålunda erhålla ett totalvärde av 230 *m* för dess sänkning på sträckan Dalarne—Finska gränsen, vilket ju ganska väl motsvarar vad HÖGBOM funnit. FRIES' klander mot HÖGBOM (5, s. 175) synes alltså i detta avseende vara obefogat.

Om orsaken till nämnda sänkning är det svårt att uttala något omdöme. Då sommarisotermerna löpa parallellt med fjällkedjan, synes icke eu differens i sommartemperaturen vara avgörande. Isotermernas läge i dessa delar av landet är väl dock knappast tillräckligt fastslaget. F. n. synes emellertid endast olikheten i vegetationsperiodens längd kunna förklara fenomenet.

Barrskogsgränsen.

I östra delen av Lule Lappmark intager barrskogen den allra största delen av landets areal, och av dess olika typer synes den rena granskogen och tall-granskogen dominera. Över huvud torde den rena tallskogen endast förekomma på särskilt torr mo- och grusmark t. ex. på grusplåtarna i närheten av Gellivare.

Av de tvänne skogsträden torde granen fortfarande vara i framryckande, och den synes gynnas häri av en långsamt fortgående ökning av markens vattenhalt. I lågfjällsområdet V om Gellivare har den sålunda trängt bort tallen ej endast på de jämna ytorna utan även mångenstädes på de lägre bergen, där den nu konkurrerar med björken om utrymmet.

På de flesta isolerade lågfjäll når t. o. m. nu ett och annat enstaka individ upp till fjällregionen, ja, stundom upp i denna t. ex. på Vuosmavare. Sällan går däremot den slutna granskogen upp till *regio alpina*. Exempel härpå finnas dock, såsom på den lilla fjällkullen närmast V om sistnämnda fjäll och på Jälkavare nära Porjus. På dessa lokaler synes arten rent av ha undanträngt björken på hela arealen ända upp till fjällregionen. Processen torde i viss mån på dessa fjäll ha gynnats av att björkskogen i stor utsträckning dödats av bladstekeln *Nematus septentrionalis* (se fig. 6. Jfr 19).

Då granen i området tydligen ännu icke nått sin klimatiska gräns, är det av föga värde att sätta dess nuvarande utbredning i relation till de yttre faktorerna.



J. Frödin foto 30/6 1912.

Fig. 6. Björkskog dödad av *Nematus septentrionalis*.
Jälkavare V om Porjus.

Med tallen förhåller det sig på annat sätt. Den har, som jag redan nämnt, på jämn mark och även på svagt sluttande moränmark trängts bort av granen.

Den saknas därför på de lägre delarne av många lågfjäll. På sådana med starkare sluttande och därför bättre dränerade sidor finnes den dock mångenstädes liksom där marken består av glaciofluvialt material. Genom att uppsöka fjäll och fjällsluttningar av denna beskaffenhet har jag lyckats anträffa ofta rätt avsevärda tallbestånd i en terräng, där deras övre gräns tydligen icke kan vara nedpressad genom konkurrens med granen och ej heller med björken, enär tallen är bättre gynnad av ståndortens karaktär än dessa. Här finnes alltså tydligen dess klimatgräns.



J. Frödin foto 9/8 1915.

Fig 7. Tallskogsgränsen på Teletöisentunturi. Björk endast som enstaka låga buskar.

Som jag redan nämnt, går tallskogen längst i O på Teletöisentunturi över björkskogsgränsen. Det översta glesa tallbeståndet på sydsidan står på en nivå av 563 *m* d. v. s. 25 *m* ö. den senare. Vid denna tallskogsgräns förekommer björken endast som meterhöga buskar (se fig. 7, tavla III). Högre upp stiger tallen i något buskartad form. På 600 *m*:s höjd finnas ännu manshöga sådana individ, medan björkarne där endast uppträda som 0,6 *m* höga buskar. Det översta tallindividet — en 0,6 *m* hög ungplanta — träffades på sydsidan på 631 *m*:s höjd (se tavla I) alltså 20 *m* ovanför den översta lilla björkbusken. — Unga tallplantor voro överhuvud ej sällsynta på fjället.

I Gellivare-området finnes ett antal fjäll, på vilka förhållandena medgiva uppmätning av tallskogens klimatiska gräns. En antydning om dess höjd erhåller man som å 7 sid. påpekats redan på Nautanen, där björkskogen på grund av ringa

markfuktighet och stark vindexposition ej går högre än 533 *m*, medan bergets rygg i nästan hela sin längd uppvisar glesa tallbestånd med individ av ända till 7 meters höjd. Tallskogsgården går här alltså högre än bergets topp (555 *m*) (se tavla I o. III).

Det närbelägna 700 *m* höga Hirvasåive uppvisar på sydsidan torr grusmark. Den översta gruppen av tallar går där upp till 598 *m* ö. h., således nästan lika högt som björkskogsgården. På Patjanen, som i ännu större utsträckning uppvisar den för tallen gynnsamma sandmarken, når tallskogen, som behärskar hela sydsidan av foten, en nivå av 602 *m*. På den lilla obetydliga fjällkullen Välkomman går det högsta tallbeståndet på sydsidan till 589 *m*. Sydostsidan av det lilla fjället Pjälloåive uppvisar även ett för tallen gynnsamt torrt substrat. Här finnes tallbestånd till 595 meters höjd, och den översta tallen går upp till 601 *m* ö. havet, således nästan till björkskogsgården. Gott om unga tallplantor finnes på fjällslutningen.

C:a 15 *km* längre i N finnes strax V om Råve Kiäbble en bergrygg med torr lavhedmark, på vilken tallskogen når till en höjd av 583 *m*. På sistnämnda närbelägna fjäll går granskogsgården till 610 *m* ö. h. således nästan till fjällregionen.

På de isolerade fjällen vid St. Lule Vatten är tallskogen sällsynt. Dock anträffas sådan på Nabrivare och ett fåtal individ av densamma når ända till 590 *m*.

ö. h. Bättre utvecklad förekommer den dock på Appovare. Marken består här av glaciofluvialt material, som bär ganska vacker tallskog till 538 meters höjd. Ovanför denna nivå är den dock förstörd genom skogsbrand, efter vilken det ännu finnes gott om brända och kolade torrakar såväl kullfallna som på rot. Tallskogens gamla plats har nu intagits av ung björkskog, men även unga tallplantor finnas. Att döma av de kvarliggande brända lämningarne har tallskogen före branden nått 616 meters höjd, vilken nivå alltså får betraktas som dess klimatgräns.

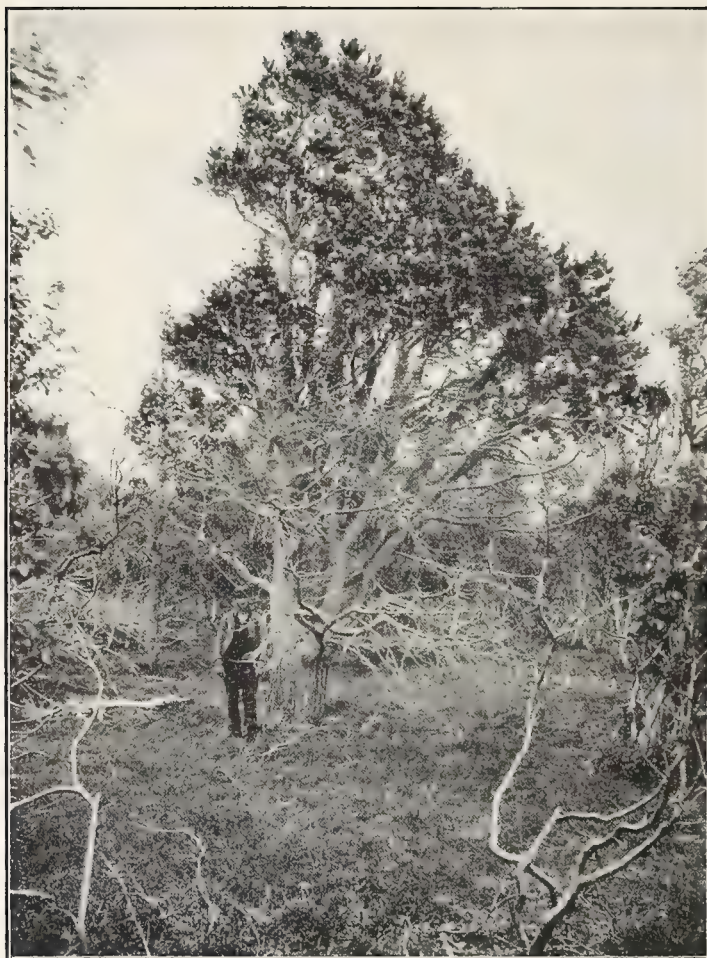
I de sammanhängande lågfjällens zon förekommer visserligen tallskog, men



J. Frödin foto 1/8 1911.

Fig. 8. Tallurskog på Tarvasvarats' sydsluttning.

huvudsakligen på de lägre nivåerna. Högre upp på dalsidorna synes den mångenstädes saknas enbart till följd av olämpligt substrat och övermäktig konkurrens från granens sida. Detta är t. ex fallet vid Mattok samt mellan Tapmoktjåkko och Anutjåkko. Längre västerut går björkskogen på Rappokvares SV-sida till 515 *m*. Marken är här torr och unga tallplantor finnas. På Juobmovarats når den under likartade förhållanden till 525 *m* ö. h.



J. Frödin foto 28/8 1913.

Fig. 9. En av de översta tallarne på Nieras' sydsluttning.

betäckningen synnerligen ogynnsamma, och såväl björk- som tallskogen uppträder därför endast sparsamt. Ett glest, av brand hårt medtaget tallbestånd finnes på N-sidan av Kårtjejaure nära Lilla Sjöfallet, liksom även några sådana finnas SV om nämnda sjö. På Napals slutningar mot Suorvajaure träffas också strödda tallar. På Luledalens botten finnas enstaka sådana och ställvis vackra bestånd nedanför Maukovare och på Vuoksanjarka. På Skitnjanjarka stå tallarne mera spridda och förete ett tynande utseende. De utgöra den nordvästligaste utposten av tallen på Lule-dalens botten. — På den nordöstra dalsidan finnas där-

I lågfjällszonens östra del anträffas vacker tallurskog nedanför rasmarken på Tarvasvarats (se fig. 8). På Juobmotjåkkos SV-sida, där jordbetäckningen till stor del uppkommit genom vittring av sjöfallssandstenen, är det översta tallbeståndet beläget 516 *m* ö. h. — På syd- och sydvästsidan av Nieras vid St. Sjöfallet finnas glaciofluviala platåer och grusmassor, å vilka ställvis ganska grov tallskog anträffas (se fig. 9.) Dess övre gräns ligger 487 *m* ö. h. På den nedanför belägna fuktigare marken växer Lule-dalens nordvästligaste granskog. Denna upphör alltså icke 2 mil nedanför fallet, såsom HOLMERZ och ÖRTENBLAD påstå (18, s. 50)¹. De nordvästligaste bestånden finnas inlagda på min karta över Sjöfallsområdet (8, tavla 8).

Närmast V om Sjöfallet äro förhållandena på grund av den starka vindexpositionen och ringa jord-

¹ ALB. NILSSON uppgiver att granen går längre mot NV på dalens syd- än på dess nordsida a. a., s. 144), vilket är oriktigt.

emot delvis mycket vackra bestånd på sträckan mellan Maukovare och Rajvotjåkko. Vid Maukojokk ligger tallskogens övre gräns på 498 *m* och vid Suolokajokk 494 *m* ö. h. På båda lokalerna växer den på torr grusmark och är av allt att döma klimatiskt betingad. Strax V om Suolokajokk, nedanför Rajvotjåkko upphör tallskogen på sistnämnda nivå på ett avstånd av 33 *km* ovanför St. Sjöfallet¹.

TAB. 7.

Den klimatiska tallskogsgränsen.

| | | | |
|----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| Teletöisentunturi | 563 <i>m</i> ö. h. | Appovare | 616 <i>m</i> ö. h. |
| Nautanen | 555 » | Rappokvare | 515 » |
| Hirvasäive | 598 » | Juobmovarats | 425 » |
| Patjanen..... | 602 » | Juobmotjåkko | 516 » |
| Välkommen | 589 » | Nieras | 487 » |
| Pjälloäive | 595 » | Maukojokk | 498 » |
| Berg V om Råve Kiäbble ... | 583 » | Suolokajokk (Rajvotjåkko)... | 494 » |
| Nabrivare | 590 » | | |

Beträffande tallskogens höjd på norska sidan uppger NORMAN (29) att den i inlandet (området Stegen-Tysfjord) går till 383 *m*. Att döma av det förut omnämnda kartografiska materialet sänker den sig mot den yttre kusten ungefärligen såsom jag på profilen fig. 10 angivit.

Den ovan lämnade redogörelsen åsyftar tallskogsgränsens höjd vid sydlig exponering. För dess nivå under motsatta expositionsförhållanden har jag mycket få direkta uppgifter. Enl. HAMBERG (14, s. 255) ligger den vid Saltoluokte 425 *m* ö. h. Vid St. Sjöfallet har jag uppmätt dess nivå på Alleb Kirkaos nordostslutning till 450 *m* (se 8, tavla 8). I båda fallen beror dock den låga nivån icke på ogynnsamma belysningsförhållanden utan på ytterligt stark vindexposition.

HAMBERG torde emellertid hava rätt uti att tallskogsgränsen i hög grad påverkas av terrängens lutningsriktning. Detta torde dock icke mera än hos björken bero direkt på termiska inflytelser på trädet självt, utan på att de nordexponerade dalsidorna ej erhålla så stor värmemängd som de sydexponerade, och därför ej så lätt torka. Rätt ofta finner man att tallgränsen på fjällens nordslutningar just av denna anledning tryckes ned genom övermäktig konkurrens av den mera fuktighetsälskande björken och granen.

¹ I litteraturen finnas en del oriktiga uppgifter angående den översta tallskogen i Luledalen. Så omtala HOLMERZ och ÖRTENBLAD (18, s. 48) att den upphör nära St. Sjöfallet på 460 meters höjd, och på ett annat ställe (18, s. 50), att tallen går 2 mil ovanför nämnda fall. Den förstnämnda uppgiften har upptagits av ALB. NILSSON (28, s. 144). GAVELIN (10, s. 137) uppger i det närmaste riktigt att den slutar 28—29 *km* ovanför fallet, men applicerar på nämnda lokal HOLMERZ och ÖRTENBLADS nyssnämnda höjduppgift från lokalen nära fallet.

Av den redan lämnade framställningen liksom av profilskissen framgår att tallskogen på de östligaste av de isolerade lågfjällen stiger över björkskogsgränsen. I själva verket torde detta vara en normal klimatiskt betingad företeelse för områden med lika stark betoning av klimatet i kontinental riktning. Hittills torde för Sveriges vidkommande detta fenomen endast vara omtalat från Dalarna (32). Huru det i detta hänseende förhåller sig i Lule Lappmarks södra del är mig icke bekant.

Båda skogsgränserna stiga emellertid mot NV, björkens dock hastigare, och strax O om Gellivare ligga de i jämnhöjd med varandra eller på c:a 600 *m* ö. h. Från denna punkt bibehåller tallen sin nivå västerut till gränsen mot de samman-

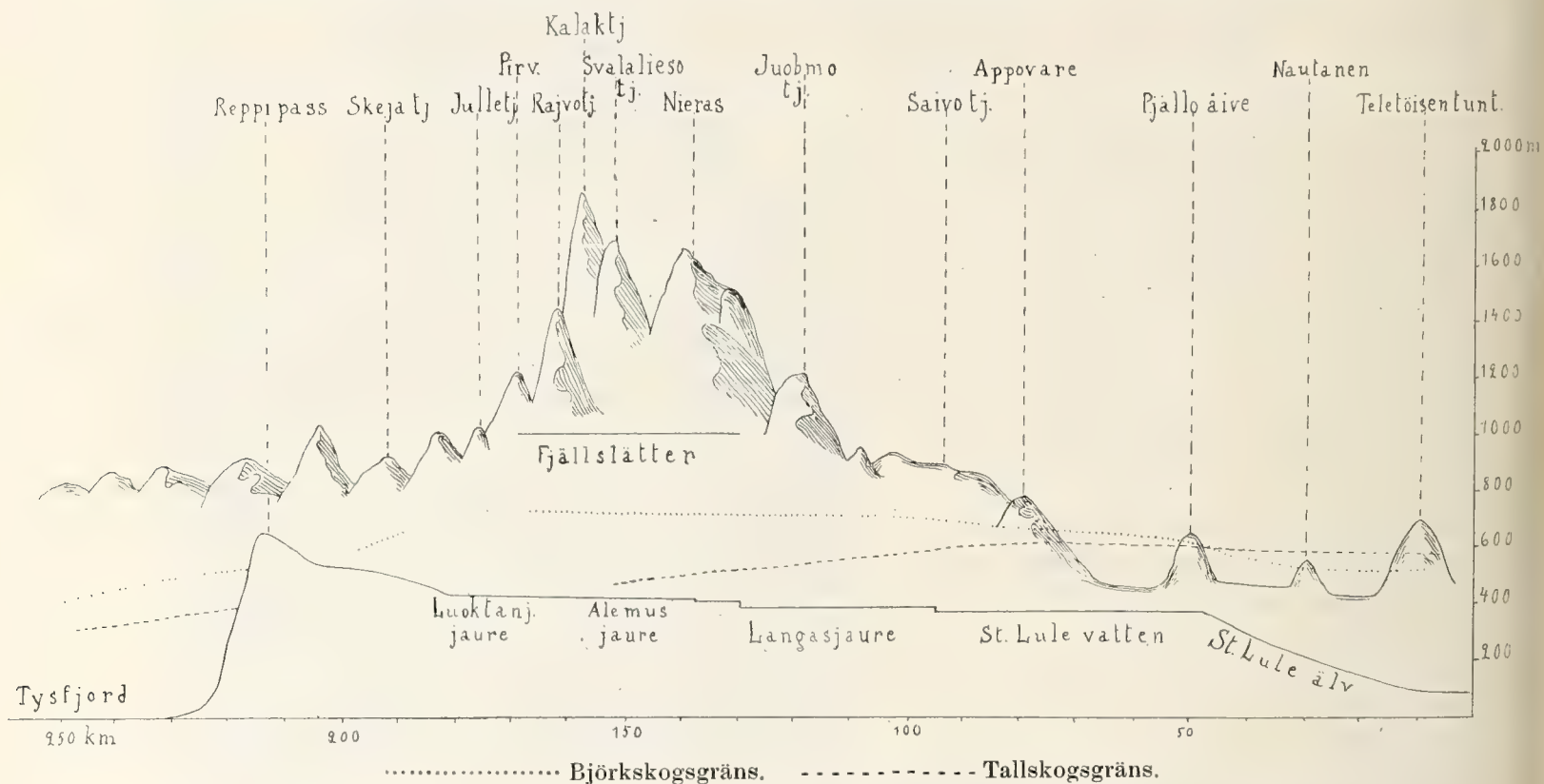


Fig. 10. Skiss över den övre björkskogs- och tallskogsgränsens förlopp på sydslutningar längs en profil från östra Lappland genom St. Luledalen till norska kusten¹. (Reppi pass å fig. 10 är ett efter den nya norska kartan taget oriktigt namn för Tappa korso).

hängande lågfjällen, medan björken stiger 60 à 70 *m* i samma riktning. Björkgränsens stigning fortsätter sedan inmot högfjällen och kulminerar med över 700 meters höjd, under det att tallgränsen sjunker till 525 *m* på gränsen till högfjällsområdet och sedermera ytterligare 30 *m*, tills den når sin ändpunkt vid Alemusjaure. Tallgränsen kulminerar alltså i lågfjälls-, björkskogsgränsen i högfjällsområdet. — Även i Lule Lappmarks södra del synes tallgränsen ligga högst O om högfjällen. Så nämner HAMBERG (14, s. 255) att densamma på lågfjällen Vare Hårås och Seite O om Blackälven ligger 614 *m* ö. h., ett värde som

¹ Jfr. HAMBERGS profil över skogsgränsens förlopp i Sarek (14, s. 252).

ju synnerligen väl svarar mot det jag erhållit på det likaledes isolerade lågfjället Appovare. Och GAVELIN omtalar (11, s. 14) att de översta tallarna på Ruotevare — likaledes ett lågfjäll — stå på 554 *m*s höjd.

Tallen synes sålunda gynnad av det mera kontinentala klimatet. Detta antydes bland annat av den omständigheten, att unga plantor och träd äro mindre sällsynta vid dess övre gräns i O än i V. Man skulle därför kanske vänta, att den senare stege mot O så långt fjäll överhuvud förekomma. Men först och främst är det ännu ovisst, huru långt österut det kontinentala temperaturmaximet i inre Lappland är beläget. Vidare tillkommer en annan faktor. Som jag redan anført, beror björkskogsgränsens sänkning mot O på den i denna riktning alltmindre markfuktigheten. För tallen som mycket mera xerofilt organiserad kan denna faktor ej spela någon roll. Men dessutom nedpressas björkskogen till följd av minskat vindskydd, vilket har till följd en sänkning av den lokala luft- och växttemperaturen. Det är påfallande att den sänkning av tallgränskurvan som gör sig märkbar (se fig. 10), inträffar, just när björkskogsgränsen sänkt sig under densamma, d. v. s. när det vindskydd bortfallit som *regio subalpina* innebär för tallskogsgränsen. Huruvida någon ytterligare sänkning förekommer ännu längre österut, sedan nämnda faktor gjort sig gällande, är t. v. okänt.

Tallskogsgränsens sänkning från de isolerade lågfjällen mot V bildar ju en anmärkningsvärd motsats till björkskogsgränsens stigning i samma riktning. Den senare framkallades ju av större markfuktighet i högfjällen och över huvud längre västerut, en faktor som snarare måste verka ogynnsamt på den xerofila tallen¹. Den andra omständigheten, som höjde björkskogsgränsen mot V, var det bättre vindskyddet som i denna riktning åstadkommer ett i termiskt hänseende gynnsammare lokalklimat. Denna faktor förefinnes däremot icke på tallgränsen, ty densamma åtnjuter V om Gellivare överallt i ungefär lika hög grad vindskydd av den björkskog, som utbreder sig ovanför densamma. — Naturligtvis kan den liksom den senare lokalt pressas ned och t. o. m. saknas till följd av extrem vindexposition.

De lokalklimatiska isotermerna vid tallskogsgränsen visa alltså överallt en ungefär lika stor avvikelse från den allmänna temperaturkurvan och äro således konforma med denna, i motsats till vad som var fallet med den övre björkskogsgränsens lokalklimat. Det är därför av så mycket större betydelse att tallskogsgränsen sänker sig in emot massupphöjningarne och t. o. m. ligger lägst där dessa uppvisa sin högsta nivå, nämligen vid Alemusjaure, mitt emellan Sarektjåkko (2,090 *m*) och Kallaktjåkko (1,845 *m*). Ty detta innebär ju en indirekt antydning om att den allmänna sommartemperaturen sjunker i samma riktning, oavsett terrängens nivå.

En dylik sänkning österifrån inemot högfjällen torde även, såsom jag redan påpekat, förekomma i södra delen av Lule Lappmark. I Kalix älvs floddal fann jag vid ett besök sommaren 1915 att det förhåller sig på samma sätt. På lågfjällen

¹ Som bekant tillskriver HELLAND denna faktor stor betydelse (17, s. 11).

mellan Kalix och Kaitum älv ligger den klimatiska tallskogsgränsen minst 580 *m* ö. h. Detta är nämligen den nivå, till vilken jag där träffat verkliga bestånd. Vid resa på Kalixsjöarne finner man vidare, att tallskog växer på fjällsidorna längs dessa, men att dess nivå sjunker mot högfjällen. Vid väständan av den översta sjön Paitasjärvi finnes ännu sådan på sydsidan men den stiger endast 50 à 60 *m* ö. sjön (468 *m* ö. h.). Här har alltså gränsen redan sjunkit c:a 50 *m*. Och vid denna punkt upphör tallskogen, oaktat Ladtjovagges breda dalbotten fortsätter en hel mil längre mot V under denna nivå. Tallskogen slutar alltså, just där massupphöjningarne börja, och där deras temperaturstegrande inflytande skulle begynna att göra sig gällande. Däremot stiger som bekant (5) björkskogsgränsen även här inemot högfjällen. Uppenbarligen äro här samma faktorer bestämmande som i Lule-området. —

I här berörda delar av den svenska Lappmarken torde alltså förhållandena överensstämma med de rön BORG i detta hänseende gjort i finska Lappland. Han har nämligen funnit (2, s. 71) att »björkskogsgränsen på högre fjäll uppvisar en relativ elevation i förhållande till de lägre och alltså i detta hänseende förhåller sig *omvänt* som barrskogsgränsen».

TABELLER.

TAB. I.

Lufttemperaturen på Vuosmavare sommaren 1913.

| Maj | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | midd. | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|-------|------|----------------|
| 29 | — | — | — | — | — | — | — | 6,0 | 6,2 | 5,3 | 2,9 | 0,5 | — | — | — | — |
| 30 | — 0,6 | — 0,6 | 1,1 | 4,4 | 7,3 | 7,0 | 5,5 | 4,4 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 3,8 | 3,7 | — 0,8 | 7,6 | 8,4 |
| 31 | 3,2 | 3,3 | 3,3 | 5,7 | 9,4 | 9,9 | 11,7 | 11,7 | 12,0 | 11,3 | 9,5 | 7,6 | 8,2 | 2,6 | 12,2 | 9,6 |
| Med. | 1,3 | 1,4 | 2,2 | 5,1 | 8,4 | 8,5 | 8,5 | 8,1 | 8,1 | 7,8 | 6,9 | 5,7 | 6,0 | 0,9 | 9,9 | 9,0 |

| Juni | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | midd. | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|-------|------|----------------|
| 1 | 6,3 | 5,9 | 6,0 | 6,3 | 7,0 | 7,4 | 13,4 | 12,4 | 10,7 | 6,1 | 4,9 | 4,4 | 7,6 | 5,8 | 15,2 | 9,4 |
| 2 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,7 | 7,6 | 8,8 | 9,0 | 8,5 | 8,3 | 7,7 | 6,0 | 5,1 | 6,7 | 3,9 | 9,9 | 6,0 |
| 3 | 4,6 | 4,6 | 5,5 | 7,4 | 8,6 | 9,9 | 11,5 | 11,3 | 9,9 | 8,4 | 7,3 | 6,4 | 8,0 | 4,5 | 12,8 | 8,3 |
| 4 | 5,2 | 5,4 | 5,8 | 6,5 | 7,8 | 9,9 | 11,6 | 6,3 | 6,9 | 5,8 | 5,0 | 5,4 | 6,8 | 5,2 | 12,8 | 7,6 |
| 5 | 5,0 | 6,3 | 6,2 | 7,0 | 10,2 | 10,5 | 11,4 | 11,3 | 10,6 | 8,2 | 7,5 | 7,3 | 8,4 | 5,0 | 12,5 | 7,5 |
| 6 | 7,8 | 8,1 | 9,7 | 11,7 | 11,8 | 11,9 | 13,0 | 12,9 | 11,2 | 9,8 | 9,9 | 8,2 | 10,5 | 7,3 | 13,2 | 5,9 |
| 7 | 6,9 | 6,3 | 5,8 | 5,8 | 6,1 | 6,4 | 6,5 | 6,3 | 5,4 | 4,8 | 3,5 | 2,2 | 5,5 | 5,6 | 6,9 | 1,3 |
| 8 | 1,3 | 0,2 | 0,4 | 1,1 | 1,7 | 3,5 | 4,6 | 5,0 | 5,1 | 4,4 | 3,9 | 3,5 | 2,9 | 0,2 | 5,6 | 5,4 |
| 9 | 3,7 | 4,3 | 5,0 | 6,6 | 6,3 | 7,2 | 5,4 | 5,4 | 3,9 | 2,2 | 1,4 | 0,6 | 4,3 | 3,5 | 7,9 | 4,4 |
| 10 | 0,7 | 1,3 | 2,7 | 3,9 | 3,6 | 3,3 | 6,5 | 6,3 | 4,4 | 3,3 | 2,9 | 2,5 | 3,5 | 0,6 | 6,9 | 6,3 |
| 11 | 2,3 | 2,4 | 5,4 | 7,4 | 2,6 | 4,2 | 3,0 | 1,2 | 0,8 | 0,0 | — 0,1 | — 0,4 | 2,4 | 2,0 | 7,6 | 5,6 |
| 12 | — 0,7 | 0,3 | 1,9 | 2,5 | 4,2 | 4,5 | 5,1 | 5,1 | 3,6 | 2,1 | 0,8 | — 0,8 | 2,4 | — 0,8 | 5,3 | 6,1 |
| 13 | — 0,6 | 0,3 | 1,2 | 1,7 | 3,8 | 3,9 | 4,2 | 4,0 | 1,3 | 1,9 | 0,3 | 0,1 | 1,8 | — 0,8 | 4,9 | 5,7 |
| 14 | — 0,4 | 0,4 | 1,9 | 5,0 | 5,7 | 5,9 | 5,8 | 7,8 | 6,3 | 5,2 | 3,4 | 3,4 | 4,2 | — 0,4 | 8,8 | 9,2 |
| 15 | 3,7 | 4,1 | 4,1 | 4,4 | 6,3 | 6,5 | 6,9 | 5,9 | 6,4 | 7,0 | 6,9 | 6,3 | 5,7 | 3,2 | 7,0 | 3,8 |
| 16 | 6,6 | 7,5 | 11,0 | 14,3 | 16,8 | 18,0 | 18,1 | 17,9 | 15,4 | 14,1 | 12,8 | 12,5 | 13,8 | 5,8 | 18,6 | 12,8 |
| 17 | 11,9 | 10,7 | 10,1 | 10,0 | 10,0 | 8,5 | 9,9 | 9,1 | 7,8 | 6,4 | 4,7 | 3,6 | 8,5 | 8,6 | 11,0 | 2,4 |
| 18 | 2,6 | 3,0 | 2,9 | 5,7 | 7,8 | 7,9 | 8,1 | 7,9 | 7,0 | 5,6 | 3,8 | 2,5 | 5,4 | 2,0 | 9,0 | 7,0 |
| 19 | 1,8 | 3,1 | 4,9 | 7,2 | 9,8 | 11,3 | 12,3 | 11,8 | 10,8 | 9,0 | 7,5 | 6,4 | 8,0 | 1,8 | 12,6 | 10,8 |
| 20 | 6,1 | 6,7 | 9,4 | 12,0 | 14,1 | 15,8 | 16,3 | 16,1 | 14,5 | 12,2 | 10,8 | 8,9 | 11,9 | 5,7 | 16,4 | 10,7 |
| 21 | 9,4 | 10,8 | 12,7 | 14,1 | 16,0 | 17,2 | 18,2 | 17,9 | 15,7 | 13,3 | 11,3 | 10,2 | 13,9 | 8,7 | 18,7 | 10,0 |
| 22 | 10,8 | 12,6 | 13,5 | 16,1 | 18,8 | 20,4 | 21,1 | 20,6 | 19,7 | 16,2 | 14,5 | 13,2 | 16,5 | 10,2 | 21,6 | 11,4 |
| 23 | 12,3 | 14,8 | 16,5 | 18,9 | 20,8 | 21,8 | 21,2 | 19,8 | 16,0 | 13,7 | 11,2 | 8,2 | 16,3 | 12,2 | 21,1 | 8,9 |
| 24 | 6,9 | 6,8 | 8,6 | 10,7 | 11,9 | 10,1 | 9,8 | 9,7 | 8,9 | 7,2 | 7,0 | 5,2 | 8,6 | 6,6 | 12,3 | 5,7 |
| 25 | 3,7 | 2,9 | 4,8 | 6,8 | 8,3 | 8,9 | 8,2 | 8,3 | 8,0 | 6,8 | 6,1 | 5,4 | 6,5 | 2,7 | 8,9 | 6,2 |
| 26 | 4,9 | 6,3 | 8,4 | 9,2 | 11,0 | 11,9 | 13,0 | 13,4 | 12,8 | 10,7 | 9,4 | 7,2 | 9,9 | 4,9 | 13,7 | 8,8 |
| 27 | 6,7 | 7,3 | 7,7 | 10,9 | 12,3 | 12,6 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 11,2 | 9,4 | 7,6 | 10,4 | 6,7 | 13,7 | 7,0 |
| 28 | 6,1 | 7,0 | 9,4 | 13,3 | 12,6 | 10,7 | 14,7 | 12,7 | 12,1 | 12,3 | 9,8 | 7,2 | 10,7 | 5,8 | 15,2 | 9,4 |
| 29 | 5,5 | 5,9 | 8,3 | 11,4 | 13,8 | 14,7 | 15,8 | 15,5 | 13,5 | 10,0 | 8,1 | 5,9 | 10,7 | 5,4 | 16,2 | 10,8 |
| 30 | 4,9 | 5,8 | 8,5 | 11,4 | 13,5 | 15,0 | 15,6 | 16,4 | 14,7 | 11,6 | 9,9 | 8,1 | 11,3 | 4,8 | 16,4 | 11,6 |
| Med. | 5,0 | 5,5 | 6,8 | 8,5 | 9,7 | 10,3 | 11,1 | 10,6 | 9,4 | 7,9 | 6,6 | 5,5 | 8,1 | 4,6 | 12,1 | 7,5 |

| Juli | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 6,8 | 7,7 | 9,2 | 10,8 | 12,3 | 13,9 | 14,4 | 12,6 | 11,6 | 10,8 | 9,4 | 8,7 | 10,7 | 6,5 | 14,7 | 8,2 |
| 2 | 8,5 | 8,9 | 8,9 | 8,9 | 9,1 | 9,9 | 12,3 | 13,8 | 14,3 | 12,7 | 12,1 | 11,5 | 10,9 | 8,5 | 14,5 | 6,0 |
| 3 | 11,9 | 11,4 | 13,8 | 14,0 | 14,4 | 17,2 | 17,6 | 16,4 | 13,1 | 12,1 | 9,6 | 9,0 | 13,4 | 11,4 | 18,6 | 7,2 |
| 4 | 8,8 | 8,7 | 8,6 | 9,0 | 8,3 | 8,0 | 7,3 | 6,7 | 6,4 | 6,2 | 5,1 | 4,2 | 7,3 | 8,0 | 9,1 | 1,1 |
| 5 | 3,5 | 4,0 | 5,7 | 7,4 | 8,3 | 8,5 | 9,4 | 8,1 | 7,3 | 4,9 | 4,4 | 3,5 | 6,3 | 3,3 | 10,5 | 7,2 |
| 6 | 2,7 | 4,3 | 6,6 | 7,8 | 9,0 | 9,2 | 9,8 | 10,1 | 9,4 | 8,4 | 9,7 | 6,8 | 7,7 | 2,7 | 11,0 | 8,3 |
| 7 | 6,4 | 8,6 | 10,3 | 12,4 | 12,4 | 13,5 | 14,0 | 13,9 | 12,2 | 10,9 | 9,8 | 7,8 | 11,0 | 6,4 | 15,2 | 8,8 |
| 8 | 7,3 | 8,2 | 10,7 | 12,5 | 13,4 | 14,2 | 15,0 | 13,8 | 12,1 | 10,6 | 9,7 | 9,3 | 11,4 | 7,2 | 15,4 | 8,2 |
| 9 | 8,3 | 7,9 | 8,3 | 8,4 | 8,5 | 8,5 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,3 | 9,1 | 8,8 | 7,9 | 9,4 | 1,5 |
| 10 | 8,9 | 9,5 | 10,7 | 10,7 | 11,3 | 14,4 | 15,6 | 17,2 | 17,1 | 16,3 | 15,5 | 15,4 | 13,6 | 8,9 | 17,3 | 8,4 |
| 11 | 13,6 | 13,4 | 13,4 | 13,9 | 15,3 | 17,3 | 18,5 | 16,2 | 15,5 | 14,9 | 15,1 | 15,6 | 15,2 | 13,2 | 19,0 | 5,8 |
| 12 | 15,4 | 14,9 | 16,7 | 19,4 | 20,5 | 21,0 | 22,1 | 18,8 | 17,3 | 17,2 | 16,2 | 15,7 | 17,9 | 14,5 | 22,3 | 7,8 |
| 13 | 15,3 | 15,7 | 17,4 | 20,0 | 22,1 | 23,3 | 23,8 | 23,2 | 21,6 | 21,2 | 19,3 | 18,2 | 20,1 | 15,3 | 24,1 | 8,8 |
| 14 | 17,8 | 18,3 | 20,9 | 22,1 | 24,3 | 24,7 | 25,1 | 21,9 | 20,5 | 19,2 | 17,5 | 17,6 | 20,8 | 17,2 | 25,2 | 8,0 |
| 15 | 17,1 | 18,2 | 19,6 | 21,7 | 22,0 | 22,5 | 23,4 | 21,5 | 20,5 | 19,4 | 17,9 | 17,1 | 20,1 | 17,1 | 23,5 | 6,4 |
| 16 | 16,6 | 15,8 | 17,4 | 19,4 | 20,6 | 20,6 | 22,0 | 21,6 | 20,3 | 16,4 | 16,6 | 14,7 | 18,5 | 15,8 | 23,1 | 7,3 |
| 17 | 13,7 | 14,5 | 17,5 | 17,5 | 19,7 | 17,5 | 16,5 | 16,0 | 14,4 | 14,5 | 14,8 | 14,4 | 15,9 | 13,4 | 20,3 | 6,9 |
| 18 | 14,2 | 15,7 | 16,9 | 18,9 | 18,7 | 19,0 | 21,0 | 17,5 | 16,5 | 15,7 | 15,1 | 14,2 | 17,0 | 13,9 | 22,4 | 8,5 |
| 19 | 14,5 | 15,0 | 16,8 | 19,7 | 20,0 | 19,3 | 20,1 | 16,9 | 16,8 | 15,2 | 12,2 | 11,9 | 16,5 | 14,0 | 20,8 | 6,8 |
| 20 | 12,2 | 12,7 | 13,1 | 13,4 | 14,3 | 15,8 | 16,9 | 15,4 | 15,2 | 12,9 | 13,1 | 12,9 | 14,0 | 11,7 | 17,4 | 5,7 |
| 21 | 12,8 | 12,8 | 13,4 | 13,5 | 14,0 | 17,4 | 18,5 | 18,8 | 17,6 | 17,1 | 16,0 | 15,3 | 15,6 | 12,7 | 19,3 | 6,6 |
| 22 | 15,9 | 16,2 | 16,9 | 19,2 | 20,1 | 21,8 | 22,5 | 20,9 | 20,6 | 19,4 | 17,9 | 13,8 | 18,7 | 14,9 | 22,7 | 7,8 |
| 23 | 13,5 | 10,4 | 9,2 | 10,6 | 12,0 | 12,1 | 12,1 | 10,8 | 9,7 | 7,0 | 5,0 | 4,5 | 9,7 | 9,0 | 14,3 | 5,3 |
| 24 | 4,5 | 5,3 | 7,0 | 8,8 | 10,4 | 11,2 | 11,5 | 8,9 | 7,3 | 5,9 | 5,2 | 4,8 | 7,6 | 4,1 | 11,7 | 7,6 |
| 25 | 4,2 | 5,7 | 8,6 | 10,3 | 11,0 | 12,2 | 12,9 | 11,4 | 9,8 | 7,5 | 6,9 | 5,4 | 8,8 | 4,2 | 13,5 | 9,3 |
| 26 | 5,4 | 5,3 | 6,3 | 8,1 | 7,3 | 6,7 | 9,0 | 5,7 | 5,0 | 4,2 | 2,8 | 2,4 | 5,7 | 5,2 | 9,5 | 4,3 |
| 27 | 2,4 | 3,8 | 5,4 | 7,2 | 10,3 | 10,7 | 12,1 | 11,7 | 9,8 | 8,7 | 7,1 | 6,0 | 7,9 | 2,3 | 12,7 | 10,4 |
| 28 | 5,2 | 6,1 | 7,3 | 9,7 | 11,3 | 11,1 | 11,5 | 10,5 | 9,6 | 7,2 | 6,4 | 6,2 | 8,5 | 5,2 | 11,6 | 6,4 |
| 29 | 6,8 | 7,9 | 9,8 | 1,6 | 11,4 | 10,7 | 12,9 | 9,9 | 9,2 | 8,2 | 8,7 | 7,2 | 9,4 | 6,1 | 13,1 | 7,0 |
| 30 | 7,2 | 7,7 | 9,1 | 10,8 | 12,0 | 12,0 | 13,1 | 12,2 | 10,9 | 10,1 | 9,1 | 8,8 | 10,3 | 7,2 | 13,6 | 6,4 |
| 31 | 8,1 | 8,4 | 10,3 | 11,9 | 11,6 | 12,0 | 13,4 | 11,4 | 10,1 | 8,6 | 7,5 | 7,6 | 10,1 | 8,0 | 13,5 | 5,5 |
| Med. | 10,0 | 10,4 | 11,8 | 13,2 | 14,1 | 14,7 | 15,6 | 14,3 | 13,3 | 11,8 | 11,0 | 10,3 | 12,5 | 9,5 | 16,4 | 6,9 |

| Aug. | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 8,0 | 9,9 | 11,4 | 11,9 | 12,7 | 10,5 | 10,5 | 10,6 | 8,8 | 6,7 | 6,2 | 6,1 | 9,4 | 7,3 | 13,5 | 6,2 |
| 2 | 5,7 | 7,9 | 9,6 | 11,5 | 12,4 | 13,9 | 13,5 | 13,3 | 11,4 | 9,7 | 8,6 | 8,4 | 10,5 | 5,5 | 14,5 | 9,0 |
| 3 | 8,5 | 8,5 | 9,0 | 9,8 | 12,1 | 12,1 | 13,2 | 10,6 | 9,6 | 8,5 | 7,3 | 7,0 | 9,7 | 8,4 | 13,5 | 5,1 |
| 4 | 6,5 | 6,6 | 7,1 | 7,9 | 9,5 | 10,6 | 12,2 | 12,9 | 11,6 | 10,1 | 8,9 | 8,2 | 9,3 | 6,3 | 13,5 | 7,2 |
| 5 | 7,5 | 7,7 | 6,4 | 6,7 | 8,4 | 8,8 | 8,4 | 8,1 | 8,4 | 7,9 | 7,6 | 7,3 | 7,8 | 6,4 | 8,8 | 2,4 |
| 6 | 6,5 | 6,7 | 5,9 | 5,8 | 6,2 | 6,8 | 6,8 | 6,0 | 6,4 | 5,3 | 6,5 | 2,9 | 6,0 | 5,8 | 6,9 | 1,1 |
| 7 | 5,8 | 5,8 | 5,5 | 4,8 | 4,7 | 4,8 | 4,7 | 3,8 | 2,9 | 1,4 | 1,4 | 1,1 | 3,9 | 4,7 | 5,8 | 1,1 |
| 8 | 0,1 | 0,2 | 1,2 | 3,8 | 6,6 | 9,3 | 9,7 | 8,9 | 7,4 | 4,9 | 2,2 | 1,3 | 4,6 | 0,1 | 9,9 | 9,8 |
| 9 | 1,1 | 1,2 | 2,2 | 4,1 | 6,1 | 7,2 | 7,8 | 8,4 | 7,5 | 6,6 | 6,5 | 6,4 | 5,4 | 0,6 | 8,6 | 8,0 |
| 10 | 5,8 | 5,7 | 6,8 | 10,0 | 12,5 | 11,4 | 12,6 | 12,1 | 10,5 | 8,1 | 7,7 | 6,7 | 9,2 | 5,4 | 13,3 | 7,9 |
| 11 | 6,2 | 6,9 | 8,8 | 11,4 | 13,6 | 14,9 | 15,6 | 15,1 | 13,7 | 11,5 | 10,6 | 10,4 | 11,6 | 6,2 | 15,7 | 9,5 |
| 12 | 9,8 | 10,7 | 11,8 | 14,5 | 15,7 | 16,4 | 17,0 | 16,2 | 14,5 | 12,8 | 12,2 | 12,4 | 13,7 | 9,7 | 17,3 | 7,6 |
| 13 | 12,3 | 12,5 | 13,6 | 15,4 | 15,9 | 16,2 | 17,3 | 15,7 | 14,0 | 11,1 | 9,4 | 8,8 | 13,5 | 12,2 | 17,3 | 5,1 |
| 14 | 8,3 | 8,7 | 10,5 | 13,3 | 14,3 | 14,0 | 15,2 | 14,1 | 12,9 | 11,6 | 9,4 | 8,0 | 11,7 | 8,3 | 15,7 | 7,4 |
| 15 | 7,9 | 7,9 | 9,0 | 10,1 | 11,2 | 12,5 | 13,3 | 13,8 | 10,7 | 9,2 | 8,4 | 7,5 | 10,1 | 7,2 | 15,2 | 8,0 |
| 16 | 7,7 | 7,9 | 8,5 | 12,2 | 13,6 | 13,1 | 13,5 | 11,0 | 11,4 | 11,0 | 11,0 | 10,1 | 10,9 | 6,8 | 14,4 | 7,6 |
| 17 | 9,6 | 8,8 | 8,5 | 11,8 | 15,4 | 16,7 | 17,5 | 16,3 | 14,6 | 12,8 | 10,8 | 10,7 | 12,8 | 8,3 | 17,5 | 9,2 |
| 18 | 9,7 | 10,1 | 10,1 | 12,9 | 15,6 | 16,9 | 18,2 | 16,0 | 13,7 | 10,4 | 9,0 | 7,6 | 12,5 | 9,6 | 18,4 | 8,8 |
| 19 | 6,6 | 6,4 | 8,2 | 10,8 | 12,9 | 14,5 | 15,1 | 14,4 | 12,8 | 11,1 | 8,3 | 6,9 | 10,7 | 6,1 | 15,3 | 9,2 |
| 20 | 5,6 | 5,5 | 7,1 | 9,9 | 11,6 | 13,3 | 13,8 | 12,9 | 10,5 | 8,7 | 7,5 | 7,2 | 9,5 | 5,3 | 13,8 | 8,5 |
| 21 | 6,5 | 6,5 | 8,1 | 10,0 | 10,4 | 10,2 | 11,0 | 9,2 | 8,3 | 7,9 | 7,4 | 7,4 | 8,6 | 6,3 | 11,1 | 4,8 |
| 22 | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,3 | 7,5 | 7,7 | 7,4 | 6,6 | 5,9 | 6,4 | 5,8 | 5,7 | 6,9 | 7,2 | 7,8 | 0,6 |
| 23 | 5,7 | 5,8 | 7,0 | 7,7 | 8,5 | 9,3 | 10,2 | 9,9 | 9,4 | 9,3 | 8,7 | 9,1 | 8,4 | 5,6 | 10,2 | 4,6 |
| 24 | 9,1 | 9,1 | 9,6 | 9,7 | 10,2 | 10,4 | 11,8 | 11,6 | 10,1 | 8,5 | 7,5 | 6,5 | 9,5 | 8,6 | 12,3 | 3,7 |
| 25 | 5,9 | 6,2 | 7,8 | 8,7 | 9,4 | 10,9 | 11,5 | 11,6 | 10,1 | 8,8 | 8,7 | 7,9 | 9,0 | 5,9 | 12,7 | 6,8 |
| 26 | 7,8 | 8,0 | 10,3 | 11,7 | 12,1 | 11,5 | 11,2 | 10,3 | 9,0 | 8,0 | 6,9 | 6,1 | 9,4 | 7,6 | 12,5 | 4,9 |
| 27 | 6,1 | 6,1 | 6,9 | 8,3 | 10,0 | 11,4 | 12,0 | 10,5 | 8,5 | 8,0 | 7,9 | 7,8 | 8,6 | 5,9 | 12,5 | 6,6 |
| 28 | 7,9 | 7,9 | 8,2 | 8,7 | 10,0 | 12,0 | 11,6 | 11,3 | 10,9 | 10,7 | 10,5 | 10,0 | 10,0 | 7,8 | 12,7 | 4,9 |
| 29 | 9,5 | 9,4 | 9,3 | 12,7 | 15,3 | 16,5 | 18,8 | 14,8 | 13,3 | 11,1 | 10,8 | 10,5 | 12,7 | 9,2 | 17,6 | 8,4 |
| 30 | 10,9 | 10,3 | 12,1 | 14,6 | 17,8 | 18,7 | 18,5 | 16,5 | 13,6 | 11,8 | 11,2 | 10,6 | 13,9 | 10,1 | 19,2 | 9,1 |
| 31 | 10,0 | 9,2 | 9,4 | 11,9 | 16,6 | 17,2 | 16,9 | 15,8 | 13,7 | 12,5 | 11,8 | 11,5 | 13,0 | 9,0 | 18,0 | 9,0 |
| Med. | 7,3 | 7,5 | 8,3 | 9,9 | 11,6 | 12,2 | 12,7 | 11,9 | 10,5 | 9,1 | 8,3 | 7,8 | 9,8 | 6,9 | 13,4 | 6,5 |

| Sept. | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp | min. | max. | oper. ampl. |
|-------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|---------------------|------|------|----------------|
| 1 | 10,4 | 9,5 | 8,6 | 8,0 | 10,3 | 10,0 | 9,5 | 7,9 | 4,8 | 2,7 | 2,2 | 1,6 | 7,1 | 8,0 | 11,4 | 3,4 |
| 2 | 1,2 | 1,3 | 4,2 | 6,9 | 6,7 | 6,9 | 6,7 | 5,5 | 3,6 | 3,0 | 2,1 | 1,7 | 4,2 | 1,1 | 8,5 | 7,4 |
| 3 | 1,3 | 1,5 | 3,9 | 6,2 | 8,1 | 9,7 | 10,0 | 8,5 | 5,6 | 4,7 | 4,1 | 4,4 | 5,7 | 1,2 | 10,3 | 9,1 |
| 4 | 2,3 | 2,8 | 4,6 | 7,7 | 11,1 | 12,5 | 12,5 | 11,0 | 8,6 | 6,3 | 5,5 | 5,4 | 7,5 | 2,3 | 12,9 | 10,6 |
| 5 | 5,0 | 4,8 | 7,1 | 8,2 | 8,9 | 9,3 | 9,6 | 6,9 | 5,3 | 4,6 | 4,7 | 4,9 | 6,6 | 4,5 | 10,6 | 6,1 |
| 6 | 5,8 | 5,8 | 6,8 | 9,4 | 11,9 | 11,3 | 10,0 | 6,9 | 5,8 | 5,6 | 4,1 | 3,8 | 7,2 | 4,3 | 11,4 | 7,1 |
| 7 | 3,7 | 4,6 | 7,9 | 10,1 | 12,1 | 10,9 | 10,0 | 7,8 | 6,0 | 5,4 | 4,1 | 4,7 | 7,3 | 3,5 | 12,5 | 9,0 |
| 8 | 4,5 | 4,9 | 7,5 | 10,0 | 11,8 | 11,9 | 10,4 | 8,5 | 6,6 | 5,3 | 5,2 | 4,8 | 7,6 | 4,0 | 12,2 | 8,2 |
| 9 | 4,3 | 4,2 | 5,2 | 6,8 | 8,0 | 7,8 | 7,5 | 6,3 | 5,3 | 4,3 | 3,9 | 3,6 | 5,6 | 4,2 | 8,4 | 4,2 |
| 10 | 3,4 | 4,0 | 5,9 | 7,9 | 8,4 | 8,2 | 9,0 | 5,5 | 4,0 | 3,8 | 2,7 | 2,4 | 5,4 | 3,3 | 9,0 | 5,7 |
| 11 | 1,7 | 1,7 | 3,2 | 4,1 | 3,3 | 4,1 | 6,2 | 7,5 | 6,9 | 6,3 | 6,0 | 6,1 | 4,8 | 1,3 | 7,5 | 6,2 |
| 12 | 4,4 | 4,1 | 4,5 | 6,1 | 6,6 | 8,5 | 9,6 | 8,6 | — | — | — | — | — | 3,9 | 9,6 | 5,7 |
| Med. | 4,0 | 4,1 | 5,8 | 7,6 | 8,9 | 9,3 | 9,3 | 7,6 | 5,6 | 4,7 | 4,1 | 4,0 | 6,3 | 3,5 | 10,4 | 6,9 |

TAB. II.

Lufttemperaturen på Puollamtjåkko sommaren 1913.

| Juni | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | natt mid- | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|-------|------|----------------|
| 11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1,9 | 0,9 | 0,3 | — | — | — | — |
| 12 | — 0,1 | — 0,2 | 1,1 | 3,2 | 4,5 | 5,7 | 6,3 | 3,9 | 1,8 | 0,9 | 0,0 | — 0,6 | 2,2 | — 0,3 | 6,4 | 6,7 |
| 13 | — 1,1 | — 0,8 | 0,7 | 2,3 | 3,5 | 4,0 | 3,8 | 4,3 | 3,7 | 1,5 | 1,0 | — 0,2 | 1,9 | — 1,2 | 5,8 | 7,0 |
| 14 | — 0,2 | 0,0 | 2,2 | 2,6 | 3,2 | 5,8 | 5,9 | 4,2 | 3,3 | 3,4 | 2,8 | 2,6 | 3,0 | — 0,5 | 6,8 | 7,3 |
| 15 | 2,2 | 3,0 | 3,3 | 4,5 | 6,2 | 6,6 | 6,1 | 5,6 | 7,0 | 6,5 | 6,7 | 5,9 | 5,3 | 2,2 | 7,3 | 5,1 |
| 16 | 5,6 | 7,6 | 8,4 | 11,7 | 14,4 | 15,8 | 16,5 | 14,3 | 12,7 | 12,7 | 10,5 | 10,6 | 11,7 | 5,2 | 17,3 | 12,1 |
| 17 | 8,5 | 9,1 | 8,2 | 5,7 | 7,0 | 10,0 | 9,6 | 7,7 | 6,2 | 4,7 | 3,6 | 2,9 | 6,9 | 5,7 | 10,7 | 5,0 |
| 18 | 2,6 | 2,3 | 4,7 | 6,4 | 7,6 | 8,3 | 9,0 | 8,9 | 7,5 | 6,7 | 4,5 | 3,5 | 6,0 | 1,5 | 10,0 | 8,5 |
| 19 | 3,0 | 3,4 | 4,2 | 7,0 | 9,0 | 11,2 | 11,9 | 12,1 | 11,4 | 9,6 | 7,9 | 5,2 | 8,0 | 2,4 | 12,3 | 9,9 |
| 20 | 5,4 | 7,9 | 9,0 | 11,3 | 14,2 | 15,9 | 17,0 | 16,7 | 15,0 | 11,6 | 9,3 | 7,5 | 11,7 | 4,9 | 17,4 | 12,5 |
| 21 | 6,3 | 8,2 | 10,0 | 12,9 | 15,5 | 17,4 | 18,6 | 19,2 | 17,3 | 13,3 | 9,5 | 8,6 | 13,0 | 6,3 | 19,3 | 13,0 |
| 22 | 10,8 | 10,8 | 13,0 | 16,0 | 18,9 | 20,7 | 20,9 | 20,3 | 18,0 | 15,3 | 12,9 | 10,4 | 15,7 | 8,4 | 21,0 | 12,6 |
| 23 | 10,0 | 11,4 | 13,5 | 16,4 | 17,9 | 19,9 | 19,2 | 17,5 | 15,7 | 12,2 | 10,3 | 8,4 | 14,4 | 9,6 | 20,5 | 10,9 |
| 24 | 6,9 | 7,3 | 9,2 | 10,3 | 10,5 | 8,2 | 7,1 | 7,2 | 7,5 | 7,1 | 6,0 | 3,8 | 7,6 | 6,9 | 10,9 | 4,0 |
| 25 | 3,2 | 3,0 | 4,5 | 6,2 | 7,3 | 8,1 | 8,3 | 8,0 | 8,4 | 7,5 | 4,6 | 3,7 | 6,1 | 2,8 | 8,6 | 5,8 |
| 26 | 3,7 | 5,3 | 6,6 | 7,9 | 10,3 | 12,9 | 13,0 | 12,5 | 11,7 | 9,6 | 7,9 | 7,0 | 9,0 | 3,6 | 14,0 | 10,4 |
| 27 | 6,7 | 6,8 | 7,5 | 10,6 | 13,3 | 14,0 | 13,7 | 11,6 | 11,2 | 8,8 | 6,5 | 5,4 | 9,7 | 6,6 | 14,3 | 7,7 |
| 28 | 4,6 | 4,8 | 7,7 | 9,6 | 11,2 | 13,0 | 13,7 | 13,3 | 11,3 | 8,1 | 5,3 | 4,4 | 8,9 | 4,6 | 14,0 | 9,4 |
| 29 | 3,6 | 4,0 | 6,3 | 8,7 | 10,7 | 11,8 | 11,2 | 10,0 | 8,7 | 6,2 | 4,7 | 3,9 | 7,5 | 3,5 | 11,9 | 8,4 |
| 30 | 3,8 | 5,0 | 6,6 | 8,7 | 11,3 | 12,8 | 13,5 | 13,0 | 10,9 | 8,6 | 6,0 | 5,1 | 8,8 | 3,7 | 13,6 | 9,9 |
| Med. | 4,5 | 5,2 | 6,7 | 8,5 | 10,4 | 11,7 | 11,9 | 11,1 | 10,0 | 8,2 | 6,3 | 5,2 | 8,3 | 4,0 | 12,7 | 8,7 |

| Juli | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 4,5 | 5,1 | 7,3 | 10,6 | 12,5 | 15,0 | 14,9 | 15,4 | 13,0 | 11,7 | 9,8 | 9,0 | 10,7 | 4,4 | 15,5 | 11,1 |
| 2 | 8,7 | 8,9 | 8,7 | 9,2 | 11,3 | 12,9 | 14,7 | 16,1 | 17,5 | 13,9 | 11,5 | 9,1 | 11,9 | 8,5 | 17,6 | 9,1 |
| 3 | 10,3 | 11,0 | 10,4 | 12,7 | 14,0 | 15,6 | 13,2 | 11,4 | 12,0 | 9,6 | 8,0 | 7,5 | 11,3 | 9,0 | 16,2 | 7,2 |
| 4 | 7,5 | 7,2 | 8,1 | 8,6 | 7,4 | 7,0 | 6,9 | 6,1 | 6,2 | 5,6 | 4,0 | 2,9 | 6,5 | 7,0 | 8,6 | 1,6 |
| 5 | 2,7 | 3,1 | 4,5 | 5,4 | 7,3 | 8,8 | 8,2 | 8,6 | 7,3 | 4,2 | 2,8 | 2,4 | 5,4 | 2,6 | 9,4 | 6,8 |
| 6 | 2,3 | 3,4 | 5,6 | 7,5 | 9,3 | 10,4 | 10,1 | 9,5 | 9,0 | 7,0 | 6,1 | 4,3 | 7,0 | 2,2 | 10,7 | 8,5 |
| 7 | 5,4 | 7,6 | 9,0 | 10,5 | 12,1 | 11,6 | 13,5 | 12,8 | 12,6 | 10,8 | 9,6 | 8,4 | 10,3 | 4,1 | 15,3 | 11,2 |
| 8 | 7,5 | 8,5 | 9,2 | 9,9 | 11,1 | 13,1 | 13,4 | 13,4 | 12,9 | 10,8 | 8,2 | 8,0 | 10,5 | 7,5 | 15,2 | 7,7 |
| 9 | 8,7 | 8,7 | 10,0 | 10,5 | 10,1 | 9,4 | 9,6 | 9,8 | 10,4 | 9,6 | 9,2 | 9,1 | 9,6 | 7,7 | 11,5 | 3,8 |
| 10 | 9,3 | 9,3 | 10,1 | 12,1 | 12,4 | 12,2 | 14,7 | 14,4 | 14,4 | 13,6 | 13,5 | 13,0 | 12,4 | 9,0 | 15,5 | 6,5 |
| 11 | 12,6 | 12,6 | 14,3 | 16,3 | 16,9 | 21,0 | 18,8 | 15,5 | 15,4 | 15,3 | 14,0 | 13,7 | 15,5 | 12,2 | 21,6 | 9,4 |
| 12 | 13,7 | 12,9 | 13,6 | 16,2 | 15,5 | 14,7 | 16,5 | 16,2 | 16,3 | 16,0 | 14,1 | 12,8 | 14,9 | 12,8 | 16,9 | 4,1 |
| 13 | 12,7 | 14,6 | 16,2 | 15,5 | 18,3 | 20,0 | 20,8 | 19,0 | 17,5 | 15,7 | 14,6 | 13,7 | 16,6 | 12,6 | 21,9 | 9,3 |
| 14 | 14,0 | 16,2 | 19,5 | 19,9 | 21,7 | 23,9 | 23,2 | 23,2 | 21,0 | 17,8 | 15,9 | 14,8 | 19,3 | 13,5 | 25,1 | 11,6 |
| 15 | 13,2 | 15,8 | 17,4 | 19,6 | 22,5 | 23,4 | 23,6 | 22,9 | 20,7 | 17,3 | 16,2 | 14,9 | 19,0 | 13,0 | 23,6 | 10,6 |
| 16 | 14,5 | 16,1 | 18,3 | 20,2 | 20,8 | 21,5 | 21,7 | 20,5 | 20,0 | 16,9 | 14,6 | 13,4 | 18,2 | 13,4 | 22,7 | 9,3 |
| 17 | 13,0 | 14,5 | 13,8 | 17,6 | 20,4 | 19,2 | 13,6 | 13,8 | 11,7 | 11,0 | 11,9 | 12,6 | 14,4 | 12,9 | 21,8 | 8,9 |
| 18 | 12,5 | 13,8 | 15,7 | 13,3 | 12,5 | 14,1 | 14,2 | 14,5 | 13,7 | 11,9 | 11,2 | 11,8 | 13,3 | 10,8 | 15,7 | 4,9 |
| 19 | 13,1 | 14,4 | 15,9 | 18,5 | 20,8 | 14,7 | 14,5 | 16,5 | 13,5 | 13,1 | 12,3 | 11,3 | 14,9 | 11,1 | 21,4 | 10,3 |
| 20 | 11,3 | 11,8 | 12,5 | 13,8 | 14,1 | 14,0 | 14,7 | 14,4 | 14,6 | 13,6 | 13,0 | 11,8 | 13,3 | 11,3 | 15,3 | 4,0 |
| 21 | 11,5 | 12,2 | 12,9 | 16,6 | 16,7 | 20,1 | 19,0 | 18,1 | 16,8 | 15,3 | 14,7 | 14,1 | 15,7 | 10,9 | 20,5 | 9,6 |
| 22 | 13,6 | 13,1 | 13,6 | 15,0 | 17,2 | 17,3 | 20,7 | 17,3 | 15,9 | 14,8 | 14,5 | 13,3 | 15,5 | 13,1 | 20,9 | 7,8 |
| 23 | 12,8 | 10,0 | 10,1 | 10,3 | 10,8 | 12,1 | 12,6 | 10,4 | 8,6 | 6,0 | 5,8 | 5,4 | 9,6 | 10,0 | 12,8 | 2,8 |
| 24 | 4,5 | 4,5 | 5,6 | 7,4 | 8,5 | 8,8 | 7,6 | 7,0 | 6,1 | 5,1 | 4,8 | 4,6 | 6,2 | 4,3 | 9,0 | 4,7 |
| 25 | 4,6 | 5,6 | 7,3 | 7,6 | 10,1 | 11,0 | 11,6 | 10,2 | 7,9 | 6,4 | 5,2 | 5,0 | 7,7 | 4,5 | 11,6 | 7,1 |
| 26 | 4,5 | 4,3 | 5,1 | 5,4 | 5,7 | 7,1 | 7,2 | 7,5 | 6,2 | 4,3 | 3,2 | 3,4 | 5,3 | 4,2 | 8,0 | 3,8 |
| 27 | 2,8 | 3,3 | 5,4 | 7,7 | 10,4 | 11,7 | 12,3 | 10,4 | 9,2 | 8,5 | 6,7 | 5,6 | 7,8 | 2,8 | 13,2 | 10,4 |
| 28 | 4,7 | 7,3 | 7,6 | 10,2 | 10,1 | 12,0 | 11,5 | 10,2 | 10,3 | 8,9 | 8,7 | 8,2 | 9,1 | 4,6 | 12,7 | 8,1 |
| 29 | 8,2 | 8,3 | 8,5 | 9,3 | 10,2 | 12,6 | 10,9 | 10,8 | 9,1 | 7,9 | 7,2 | 7,1 | 9,2 | 8,1 | 12,9 | 4,8 |
| 30 | 6,9 | 7,3 | 9,7 | 10,7 | 12,5 | 11,6 | 12,7 | 11,8 | 10,4 | 8,0 | 7,6 | 7,7 | 9,7 | 6,7 | 13,2 | 6,5 |
| 31 | 7,5 | 8,4 | 9,1 | 10,4 | 10,8 | 11,3 | 12,8 | 9,7 | 9,3 | 8,1 | 7,4 | 7,6 | 9,4 | 7,4 | 13,6 | 6,2 |
| Med. | 9,0 | 9,7 | 10,8 | 12,2 | 13,3 | 14,1 | 14,2 | 13,5 | 12,6 | 10,9 | 9,8 | 9,2 | 11,6 | 8,2 | 15,8 | 7,6 |

| Aug. | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | Mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 7,4 | 8,6 | 9,7 | 10,9 | 11,3 | 10,7 | 10,3 | 8,8 | 6,9 | 6,2 | 6,1 | 6,2 | 8,5 | 6,6 | 11,7 | 5,1 |
| 2 | 5,8 | 6,6 | 8,2 | 9,9 | 10,5 | 12,1 | 10,4 | 10,3 | 8,7 | 8,3 | 8,3 | 8,5 | 9,9 | 5,7 | 13,0 | 7,3 |
| 3 | 8,6 | 7,8 | 10,0 | 10,5 | 10,3 | 9,8 | 8,1 | 8,3 | 7,4 | 6,7 | 6,4 | 6,3 | 8,4 | 7,8 | 11,3 | 3,5 |
| 4 | 6,3 | 6,7 | 7,2 | 9,3 | 11,2 | 12,1 | 12,3 | 12,2 | 10,9 | 8,8 | 7,6 | 6,7 | 9,3 | 6,2 | 12,3 | 6,1 |
| 5 | 6,2 | 6,2 | 5,9 | 6,3 | 7,5 | 7,8 | 8,2 | 8,1 | 7,9 | 7,3 | 6,5 | 6,0 | 7,0 | 5,8 | 8,2 | 2,4 |
| 6 | 5,2 | 5,2 | 6,1 | 7,0 | 7,4 | 7,2 | 6,5 | 6,1 | 6,3 | 5,4 | 6,0 | 6,2 | 6,2 | 4,6 | 7,4 | 2,8 |
| 7 | 5,6 | 5,8 | 5,4 | 4,5 | 4,4 | 4,2 | 3,5 | 2,7 | 1,9 | 1,0 | 1,1 | 0,7 | 3,4 | 4,2 | 6,1 | 1,9 |
| 8 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 2,5 | 3,4 | 4,0 | 4,4 | 3,9 | 3,2 | 3,3 | 3,7 | 2,6 | 0,4 | 4,4 | 4,0 |
| 9 | 3,8 | 4,2 | 4,6 | 5,9 | 6,6 | 8,7 | 11,1 | 9,9 | 8,8 | 7,5 | 6,0 | 4,5 | 6,8 | 2,9 | 11,5 | 8,6 |
| 10 | 5,7 | 5,8 | 7,6 | 10,5 | 11,2 | 13,1 | 13,5 | 11,3 | 10,4 | 8,2 | 6,7 | 6,6 | 9,2 | 4,4 | 14,1 | 9,7 |
| 11 | 5,6 | 5,5 | 8,0 | 11,8 | 13,3 | 15,5 | 16,2 | 15,3 | 13,4 | 10,7 | 9,8 | 8,7 | 11,2 | 5,2 | 16,6 | 11,4 |
| 12 | 8,4 | 8,7 | 10,8 | 13,2 | 16,1 | 16,4 | 15,9 | 15,8 | 13,9 | 10,9 | 9,5 | 9,2 | 12,4 | 7,5 | 17,8 | 10,3 |
| 13 | 9,0 | 10,6 | 13,6 | 15,3 | 16,2 | 16,5 | 17,2 | 16,0 | 13,6 | 9,2 | 7,8 | 7,2 | 12,7 | 8,6 | 17,2 | 8,6 |
| 14 | 7,7 | 9,1 | 11,5 | 13,6 | 14,8 | 14,6 | 15,7 | 15,0 | 11,6 | 7,2 | 6,5 | 6,4 | 11,1 | 7,0 | 16,2 | 9,2 |
| 15 | 6,2 | 8,3 | 11,6 | 12,1 | 12,5 | 13,8 | 13,7 | 12,6 | 10,2 | 8,3 | 7,9 | 6,7 | 10,3 | 5,9 | 13,9 | 8,0 |
| 16 | 6,2 | 8,0 | 10,8 | 13,4 | 14,8 | 15,5 | 16,2 | 14,4 | 14,1 | 12,0 | 10,2 | 9,5 | 12,1 | 6,1 | 16,9 | 10,8 |
| 17 | 8,4 | 7,0 | 7,9 | 11,6 | 14,3 | 16,2 | 17,7 | 18,1 | 16,0 | 12,6 | 12,1 | 10,6 | 12,9 | 6,9 | 18,4 | 11,5 |
| 18 | 10,6 | 10,7 | 10,8 | 11,7 | 14,4 | 14,1 | 15,5 | 14,0 | 13,3 | 10,0 | 8,2 | 7,1 | 11,7 | 10,4 | 16,9 | 6,5 |
| 19 | 6,8 | 6,9 | 7,5 | 9,4 | 12,0 | 13,1 | 15,5 | 15,6 | 13,9 | 11,4 | 9,2 | 7,1 | 10,7 | 6,8 | 16,3 | 9,5 |
| 20 | 7,1 | 4,5 | 4,3 | 5,7 | 9,3 | 10,5 | 11,6 | 13,2 | 13,7 | 13,0 | 8,5 | 6,2 | 9,0 | 3,9 | 13,7 | 9,8 |
| 21 | 6,2 | 4,4 | 6,3 | 9,5 | 10,3 | 10,9 | 13,7 | 14,0 | 11,6 | 9,9 | 8,8 | 8,4 | 9,5 | 4,4 | 15,1 | 10,7 |
| 22 | 8,1 | 8,2 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 8,4 | 8,3 | 7,8 | 6,8 | 5,4 | 5,9 | 7,7 | 7,8 | 8,6 | 0,8 |
| 23 | 5,9 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 7,0 | 8,7 | 8,7 | 8,8 | 9,3 | 8,9 | 8,4 | 7,5 | 7,6 | 5,4 | 9,4 | 4,0 |
| 24 | 7,9 | 8,4 | 9,2 | 9,5 | 11,5 | 10,5 | 10,6 | 9,3 | 9,0 | 8,7 | 8,2 | 7,8 | 9,2 | 7,3 | 11,9 | 4,6 |
| 25 | 6,9 | 5,5 | 8,6 | 10,1 | 12,0 | 12,7 | 13,5 | 10,7 | 9,2 | 7,7 | 7,5 | 8,2 | 9,4 | 5,5 | 13,8 | 8,3 |
| 26 | 8,2 | 8,9 | 10,2 | 10,3 | 11,6 | 12,2 | 13,9 | 11,4 | 9,3 | 8,8 | 6,7 | 6,4 | 9,8 | 6,9 | 14,3 | 7,4 |
| 27 | 5,7 | 6,0 | 6,9 | 9,2 | 9,4 | 9,6 | 8,2 | 7,6 | 6,1 | 6,2 | 7,3 | 8,2 | 7,5 | 5,0 | 10,2 | 5,2 |
| 28 | 8,4 | 8,6 | 9,1 | 10,5 | 11,0 | 11,7 | 11,4 | 11,2 | 10,2 | 9,9 | 9,8 | 10,2 | 10,2 | 5,8 | 12,5 | 6,7 |
| 29 | 10,0 | 10,7 | 12,2 | 12,8 | 13,7 | 14,2 | 13,0 | 11,7 | 10,0 | 7,8 | 7,5 | 7,9 | 11,0 | 9,6 | 14,7 | 5,1 |
| 30 | 9,0 | 8,2 | 10,0 | 10,9 | 14,0 | 18,1 | 18,4 | 17,7 | 14,9 | 12,2 | 11,6 | 11,3 | 13,0 | 6,9 | 18,5 | 11,6 |
| 31 | 10,0 | 10,2 | 11,1 | 11,9 | 14,1 | 16,2 | — | — | — | — | — | — | — | 8,7 | — | — |
| Med. | 7,0 | 7,1 | 8,4 | 9,8 | 11,1 | 11,9 | 12,1 | 11,4 | 10,1 | 8,5 | 7,6 | 7,2 | 9,4 | 6,1 | 13,1 | 7,0 |

TAB III.

Lufttemperaturen på Julletjåkko sommaren 1913.

| Juli | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 4 | — | — | — | — | — | — | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 4,5 | 3,0 | 1,3 | 4,3 | — | — | — |
| 5 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 3,9 | 4,0 | 4,2 | 4,6 | 4,7 | 4,3 | 2,8 | 2,0 | 1,9 | 3,1 | 1,3 | 5,2 | 3,9 |
| 6 | 1,6 | 2,1 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 5,7 | 6,3 | 7,5 | 8,0 | 5,7 | 3,6 | 2,7 | 4,5 | 1,1 | 8,6 | 7,5 |
| 7 | 2,8 | 3,9 | 7,0 | 9,1 | 10,6 | 10,5 | 9,2 | 8,1 | 9,5 | 8,0 | 7,4 | 7,2 | 7,8 | 2,5 | 12,5 | 10,0 |
| 8 | 6,9 | 7,8 | 9,1 | 10,4 | 8,0 | 12,3 | 12,8 | 12,3 | 12,4 | 11,7 | 10,5 | 9,2 | 10,3 | 6,8 | 14,3 | 7,5 |
| 9 | 8,7 | 9,6 | 10,5 | 10,8 | 12,7 | 11,3 | 10,9 | 10,7 | 10,8 | 10,2 | 9,8 | 9,0 | 10,4 | 8,6 | 12,8 | 4,2 |
| 10 | 8,5 | 9,7 | 10,9 | 12,8 | 14,6 | 14,4 | 13,7 | 13,3 | 13,1 | 13,3 | 13,7 | 13,9 | 12,7 | 8,5 | 15,7 | 7,2 |
| 11 | 14,0 | 14,2 | 15,0 | 17,2 | 17,5 | 19,0 | 20,9 | 16,7 | 16,2 | 15,3 | 14,8 | 15,0 | 16,3 | 13,8 | 21,5 | 7,7 |
| 12 | 14,0 | 14,1 | 16,0 | 15,8 | 17,2 | 15,2 | 13,7 | 13,2 | 13,3 | 12,2 | 11,5 | 11,3 | 14,0 | 13,9 | 17,6 | 3,7 |
| 13 | 12,0 | 13,9 | 15,1 | 14,4 | 17,3 | 17,2 | 18,7 | 16,5 | 14,8 | 13,4 | 12,9 | 14,3 | 15,0 | 11,3 | 19,2 | 7,9 |
| 14 | 14,2 | 15,4 | 17,2 | 19,9 | 21,7 | 22,4 | 22,3 | 22,2 | 18,0 | 17,9 | 16,7 | 15,9 | 18,7 | 12,7 | 23,4 | 10,7 |
| 15 | 16,3 | 17,4 | 18,8 | 21,0 | 21,6 | 23,1 | 22,1 | 20,4 | 19,8 | 18,0 | 16,7 | 16,2 | 19,3 | 15,4 | 23,3 | 7,9 |
| 16 | 16,1 | 17,4 | 18,8 | 18,4 | 20,0 | 19,9 | 20,2 | 19,5 | 18,6 | 17,1 | 15,8 | 14,4 | 18,0 | 15,5 | 20,6 | 5,1 |
| 17 | 13,8 | 15,9 | 12,7 | 14,6 | 12,4 | 13,0 | 12,9 | 11,1 | 11,0 | 10,1 | 9,7 | 9,3 | 12,1 | 12,2 | 17,0 | 4,8 |
| 18 | 10,0 | 10,1 | 11,7 | 12,6 | 12,8 | 14,7 | 15,5 | 16,0 | 15,4 | 15,4 | 13,7 | 13,3 | 13,4 | 9,3 | 17,4 | 8,1 |
| 19 | 12,6 | 13,8 | 15,3 | 17,7 | 19,0 | 16,6 | 13,3 | 16,3 | 16,4 | 14,1 | 13,4 | 12,4 | 15,1 | 12,0 | 20,0 | 8,0 |
| 20 | 11,9 | 12,2 | 12,7 | 14,4 | 15,1 | 15,9 | 14,1 | 14,1 | 12,9 | 12,9 | 12,7 | 12,1 | 13,4 | 11,5 | 16,2 | 4,7 |
| 21 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 14,0 | 16,8 | 18,3 | 19,0 | 15,2 | 13,4 | 13,0 | 13,4 | 13,2 | 14,4 | 11,4 | 20,0 | 8,6 |
| 22 | 12,7 | 12,5 | 13,5 | 14,0 | 15,8 | 17,2 | 17,0 | 17,0 | 15,7 | 13,9 | 11,8 | 10,4 | 14,3 | 12,2 | 17,7 | 5,5 |
| 23 | 8,2 | 7,0 | 6,4 | 7,8 | 6,3 | 7,5 | 7,0 | 6,3 | 4,9 | 4,0 | 3,1 | 3,1 | 6,0 | 6,0 | 10,3 | 4,3 |
| 24 | 2,8 | 3,3 | 4,5 | 6,0 | 6,7 | 5,7 | 5,2 | 5,0 | 4,0 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 4,5 | 2,8 | 7,0 | 4,4 |
| 25 | 3,9 | 4,4 | 5,3 | 6,6 | 8,0 | 8,8 | 9,5 | 8,1 | 5,8 | 4,7 | 4,1 | 3,4 | 6,1 | 3,4 | 9,6 | 6,2 |
| 26 | 2,8 | 2,9 | 3,4 | 3,4 | 3,0 | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 3,3 | 2,3 | 2,2 | 3,1 | 3,1 | 2,5 | 4,5 | 2,0 |
| 27 | 1,8 | 2,6 | 4,3 | 6,5 | 7,7 | 9,0 | 8,7 | 7,4 | 7,3 | 6,5 | 5,5 | 5,6 | 6,1 | 1,8 | 9,1 | 7,3 |
| 28 | 5,6 | 6,1 | 7,5 | 10,2 | 11,4 | 10,6 | 11,3 | 10,5 | 9,2 | 8,6 | 8,0 | 7,8 | 8,9 | 5,2 | 11,9 | 6,7 |
| 29 | 7,2 | 7,2 | 7,4 | 8,0 | 9,0 | 10,5 | 10,2 | 8,4 | 7,5 | 7,0 | 6,1 | 6,0 | 7,9 | 7,0 | 10,9 | 3,9 |
| 30 | 6,1 | 6,5 | 7,8 | 8,0 | 9,0 | 8,0 | 9,5 | 10,4 | 10,8 | 9,6 | 8,1 | 9,4 | 8,6 | 6,0 | 11,5 | 5,5 |
| 31 | 6,7 | 6,4 | 6,2 | 6,3 | 7,2 | 7,6 | 8,0 | 8,0 | 7,9 | 7,8 | 7,4 | 7,2 | 7,2 | 6,1 | 8,2 | 2,1 |
| Med. | 8,7 | 9,2 | 10,2 | 11,4 | 12,2 | 12,7 | 12,6 | 11,9 | 11,3 | 10,3 | 9,6 | 9,2 | 10,8 | 8,2 | 14,3 | 6,1 |

| Aug. | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- temp. | min. | max. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 7,1 | 6,9 | 6,8 | 7,1 | 6,6 | 7,5 | 7,2 | 7,2 | 7,0 | 6,5 | 5,8 | 5,7 | 6,8 | 6,6 | 7,9 | 1,3 |
| 2 | 5,2 | 5,0 | 4,9 | 5,3 | 5,4 | 6,6 | 7,3 | 8,1 | 7,8 | 7,2 | 6,9 | 7,1 | 6,4 | 5,0 | 8,7 | 3,7 |
| 3 | 7,1 | 7,6 | 7,2 | 6,8 | 6,9 | 6,7 | 6,8 | 6,7 | 6,8 | 6,5 | 6,3 | 5,9 | 6,8 | 6,6 | 7,6 | 1,0 |
| 4 | 5,7 | 5,6 | 5,8 | 6,3 | 7,2 | 8,1 | 8,5 | 9,5 | 8,2 | 8,0 | 6,9 | 5,8 | 7,1 | 5,6 | 10,2 | 4,6 |
| 5 | 5,5 | 5,1 | 5,7 | 6,9 | 7,8 | 7,9 | 8,8 | 9,1 | 7,9 | 7,5 | 7,2 | 6,3 | 7,1 | 5,0 | 9,9 | 4,9 |
| 6 | 5,8 | 5,0 | 5,7 | 6,5 | 7,2 | 8,5 | 10,2 | 9,4 | 8,0 | 7,3 | 6,8 | 6,5 | 7,2 | 4,9 | 10,5 | 5,6 |
| 7 | 6,1 | 5,9 | 6,2 | 6,7 | 7,4 | 6,7 | 6,6 | 5,2 | 3,8 | 2,5 | 1,6 | 1,2 | 5,0 | 5,8 | 7,5 | 1,7 |
| 8 | 1,3 | 1,1 | 2,1 | 3,8 | 3,3 | 5,1 | 6,5 | 5,9 | 5,5 | 4,9 | 3,6 | 4,3 | 4,0 | 1,0 | 7,5 | 6,5 |
| 9 | 4,1 | 4,0 | 4,5 | 5,9 | 7,7 | 8,2 | 10,1 | 9,7 | 8,5 | 6,8 | 6,3 | 6,2 | 6,8 | 3,6 | 11,5 | 7,9 |
| 10 | 5,6 | 5,3 | 6,3 | 8,1 | 9,4 | 10,9 | 12,4 | 11,3 | 9,5 | 8,7 | 7,1 | 7,2 | 8,5 | 5,1 | 13,1 | 8,0 |
| 11 | 6,6 | 6,4 | 8,3 | 10,2 | 11,9 | 13,7 | 14,5 | 15,3 | 14,1 | 11,8 | 10,1 | 9,9 | 11,1 | 6,2 | 15,5 | 9,3 |
| 12 | 8,8 | 8,9 | 10,5 | 13,3 | 14,4 | 16,3 | 17,0 | 16,9 | 16,4 | 12,8 | 11,5 | 10,5 | 13,1 | 8,6 | 17,0 | 8,4 |
| 13 | 10,9 | 9,8 | 11,6 | 13,0 | 15,3 | 15,9 | 15,1 | 15,8 | 15,4 | 13,6 | 12,1 | 11,4 | 12,5 | 9,7 | 16,6 | 6,9 |
| 14 | 10,2 | 10,2 | 10,5 | 13,1 | 14,7 | 15,0 | 15,3 | 14,8 | 13,9 | 11,8 | 10,6 | 9,7 | 12,5 | 8,9 | 15,8 | 6,9 |
| 15 | 8,4 | 7,7 | 10,5 | 11,6 | 13,9 | 15,4 | 16,0 | 14,8 | 13,2 | 10,0 | 9,0 | 8,6 | 11,6 | 7,7 | 16,1 | 8,4 |
| 16 | 8,1 | 7,4 | 10,6 | 10,5 | 12,4 | 13,6 | 13,7 | 14,9 | 14,3 | 11,8 | 11,0 | 10,0 | 11,5 | 7,0 | 15,5 | 8,5 |
| 17 | 9,2 | 8,9 | 11,3 | 11,8 | 14,6 | 15,9 | 16,8 | 15,7 | 13,9 | 13,1 | 12,0 | 11,1 | 12,9 | 8,7 | 17,2 | 8,5 |
| 18 | 10,6 | 10,4 | 11,2 | 12,5 | 11,6 | 11,3 | 13,2 | 11,7 | 9,5 | 7,2 | 6,8 | 6,7 | 10,2 | 10,2 | 13,6 | 3,4 |
| 19 | 7,0 | 6,8 | 7,4 | 8,5 | 10,6 | 12,1 | 13,3 | 13,1 | 10,7 | 9,3 | 9,2 | 7,9 | 9,7 | 6,3 | 13,7 | 7,4 |
| 20 | 6,5 | 6,5 | 8,1 | 11,2 | 12,8 | 13,7 | 14,3 | 13,2 | 11,1 | 10,2 | 9,3 | 7,2 | 10,3 | 6,3 | 14,7 | 8,4 |
| 21 | 6,3 | 6,6 | 9,5 | 10,6 | 13,0 | 12,7 | 13,1 | 11,9 | 11,1 | 10,2 | 8,9 | 7,9 | 10,2 | 6,1 | 14,2 | 8,1 |
| 22 | 7,8 | 8,0 | 9,5 | 9,9 | 12,4 | 11,3 | 11,5 | 10,4 | 8,4 | 7,3 | 5,6 | 5,9 | 9,0 | 7,4 | 13,4 | 6,0 |
| 23 | 5,6 | 6,0 | 6,7 | 7,0 | 8,2 | 8,8 | 9,3 | 9,3 | 9,1 | 8,6 | 8,1 | 8,2 | 7,9 | 5,3 | 9,5 | 4,2 |
| 24 | 6,8 | 8,5 | 9,4 | 10,2 | 10,6 | 10,4 | 7,8 | 7,9 | 7,5 | 7,3 | 7,2 | 6,8 | 8,4 | 6,4 | 11,4 | 5,0 |
| 25 | 6,5 | 6,6 | 7,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Med. | 6,9 | 6,8 | 7,9 | 9,0 | 10,2 | 10,9 | 11,5 | 11,2 | 10,1 | 8,8 | 7,9 | 7,4 | 9,1 | 6,4 | 12,4 | 6,0 |

TAB. IV.

Den relativa luftfuktigheten i björkregionen vid Saltoluokte sommaren 1913.

| Juni | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- fukt. | max | min. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|-----|------|----------------|
| 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 65 | 77 | 84 | — | — | — | — |
| 14 | 90 | 91 | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 15 | — | — | — | — | — | — | 81 | 90 | 85 | 87 | 87 | 91 | — | — | — | — |
| 16 | 87 | 85 | 77 | 58 | 52 | 50 | 56 | 58 | 64 | 63 | 74 | 73 | 66 | 97 | 47 | 50 |
| 17 | 85 | 91 | 95 | 92 | 82 | 74 | 74 | 79 | 87 | 99 | 97 | 99 | 88 | 98 | 69 | 29 |
| 18 | 97 | 92 | 82 | 45 | 41 | 37 | 36 | 39 | 43 | 47 | 59 | 79 | 58 | 100 | 36 | 64 |
| 19 | 75 | 71 | 67 | 57 | 48 | 40 | 33 | 33 | 36 | 42 | 67 | 84 | 54 | 89 | 31 | 58 |
| 20 | 77 | 59 | 56 | 44 | 31 | 27 | 25 | 26 | 33 | 42 | 67 | 69 | 46 | 84 | 25 | 59 |
| 21 | 71 | 66 | 61 | 45 | 34 | 34 | 30 | 32 | 33 | 45 | 66 | 80 | 50 | 71 | 29 | 42 |
| 22 | 67 | 64 | 56 | 48 | 39 | 38 | 34 | 36 | 41 | 44 | 60 | 67 | 50 | 81 | 34 | 47 |
| 23 | 64 | 67 | 59 | 52 | 48 | 39 | 37 | 39 | 43 | 66 | 80 | 93 | 57 | 68 | 35 | 33 |
| 24 | 86 | 82 | 75 | 67 | 68 | 76 | 79 | 71 | 64 | 60 | 64 | 77 | 72 | 98 | 59 | 39 |
| 25 | 76 | 73 | 69 | 62 | 59 | 58 | 57 | 57 | 53 | 57 | 82 | 84 | 66 | 78 | 53 | 25 |
| 26 | 79 | 69 | 58 | 48 | 43 | 41 | 38 | 41 | 45 | 57 | 78 | 82 | 57 | 84 | 38 | 46 |
| 27 | 87 | 90 | 84 | 75 | 60 | 58 | 54 | 58 | 59 | 64 | 78 | 86 | 66 | 91 | 50 | 41 |
| 28 | 93 | 92 | 81 | 71 | 67 | 60 | 50 | 50 | 56 | 68 | 83 | 91 | 72 | 94 | 50 | 44 |
| 29 | 96 | 93 | 84 | 74 | 66 | 58 | 54 | 58 | 59 | 64 | 79 | 86 | 73 | 97 | 53 | 44 |
| 30 | 90 | 83 | 73 | 67 | 60 | 53 | 45 | 47 | 56 | 64 | 84 | 90 | 68 | 91 | 44 | 47 |
| Med. | 82 | 79 | 73 | 61 | 54 | 50 | 47 | 48 | 52 | 59 | 74 | 82 | 63 | 88 | 44 | 44 |

| Juli | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- fukt. | max | min. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|-----|------|----------------|
| 1 | 93 | 87 | 76 | 67 | 58 | 49 | 49 | 46 | 71 | 82 | 89 | 97 | 72 | 96 | 45 | 51 |
| 2 | 94 | 94 | 96 | 93 | 78 | 67 | 58 | 49 | 48 | 55 | 74 | 90 | 75 | 99 | 44 | 55 |
| 3 | 76 | 72 | 78 | 67 | 68 | 60 | 61 | 74 | 77 | 85 | 93 | 91 | 75 | 94 | 52 | 42 |
| 4 | 92 | 94 | 87 | 92 | 98 | 98 | 96 | 97 | 90 | 88 | 81 | 75 | 91 | 99 | 73 | 26 |
| 5 | 71 | 78 | 72 | 62 | 52 | 55 | 57 | 57 | 58 | 66 | 74 | 81 | 65 | 98 | 50 | 48 |
| 6 | 83 | 79 | 65 | 54 | 48 | 42 | 43 | 45 | 49 | 62 | 75 | 87 | 61 | 86 | 41 | 45 |
| 7 | 84 | 75 | 70 | 53 | 47 | 39 | 48 | 47 | 46 | 59 | 80 | 83 | 61 | 88 | 36 | 52 |
| 8 | 80 | 86 | 85 | 76 | 62 | 47 | 56 | 52 | 56 | 66 | 81 | 81 | 69 | 87 | 43 | 44 |
| 9 | 83 | 89 | 80 | 70 | 95 | 92 | 93 | 93 | 98 | 93 | 92 | 93 | 89 | 95 | 64 | 31 |
| 10 | 96 | 95 | 91 | 84 | 81 | 87 | 74 | 77 | 90 | 92 | 93 | 94 | 88 | 99 | 72 | 27 |
| 11 | 96 | 95 | 82 | 75 | 62 | 64 | 91 | 91 | 88 | 87 | 94 | 93 | 85 | 97 | 56 | 41 |
| 12 | 96 | 94 | 95 | 89 | 92 | 95 | 72 | 85 | 91 | 93 | 96 | 92 | 91 | 96 | 72 | 24 |
| 13 | 87 | 83 | 82 | 73 | 62 | 58 | 61 | 70 | 80 | 87 | 85 | 84 | 76 | 96 | 57 | 39 |
| 14 | 86 | 81 | 76 | 57 | 39 | 31 | 34 | 35 | 53 | 59 | 60 | 69 | 57 | 90 | 29 | 61 |
| 15 | 79 | 65 | 62 | 49 | 40 | 38 | 35 | 38 | 51 | 75 | 80 | 88 | 58 | 79 | 29 | 50 |
| 16 | 82 | 75 | 64 | 47 | 49 | 46 | 50 | 52 | 58 | 70 | 94 | 96 | 65 | 89 | 42 | 47 |
| 17 | 94 | 91 | 88 | 72 | 54 | 85 | 95 | 88 | 93 | 95 | 94 | 95 | 87 | 96 | 49 | 37 |
| 18 | 95 | 92 | 91 | 92 | 93 | 89 | 93 | 87 | 88 | 92 | 95 | 96 | 92 | 96 | 76 | 20 |
| 19 | 94 | 82 | 75 | 62 | 47 | 84 | 80 | 62 | 77 | 86 | 96 | 95 | 78 | 96 | 46 | 50 |
| 20 | 95 | 94 | 93 | 89 | 88 | 92 | 87 | 88 | 90 | 94 | 92 | 96 | 92 | 96 | 76 | 20 |
| 21 | 96 | 95 | 92 | 76 | — | — | — | — | 84 | 86 | 89 | 87 | — | 96 | — | — |
| 22 | 93 | 91 | 83 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 23 | — | — | — | — | — | — | — | 54 | 63 | 72 | 80 | 85 | — | — | — | — |
| 24 | 83 | 84 | 76 | 77 | 68 | 69 | 82 | 84 | 87 | 90 | 89 | 88 | 81 | 87 | 67 | 20 |
| 25 | 96 | 88 | 82 | 80 | 60 | 52 | 53 | 57 | 74 | 83 | 90 | 87 | 75 | 97 | 50 | 47 |
| 26 | 87 | 86 | 78 | 94 | 74 | 65 | 66 | 63 | 74 | 83 | 87 | 93 | 79 | 95 | 62 | 33 |
| 27 | 96 | 86 | 69 | 60 | 56 | 54 | 56 | 66 | 84 | 90 | 92 | 95 | 75 | 97 | 49 | 48 |
| 28 | 95 | 93 | 83 | 79 | 85 | 72 | 79 | 79 | 92 | 92 | 94 | 93 | 86 | 98 | 63 | 35 |
| 29 | 95 | 99 | 96 | 90 | 82 | 72 | 76 | 78 | 89 | 91 | 92 | 94 | 88 | 100 | 67 | 33 |
| 30 | 91 | 86 | 74 | 59 | 58 | 60 | 60 | 63 | 72 | 77 | 86 | 88 | 73 | 94 | 55 | 39 |
| 31 | 91 | 85 | 79 | 90 | 73 | 79 | 75 | 80 | 87 | 94 | 93 | 91 | 85 | 91 | 71 | 20 |
| Med. | 89 | 86 | 80 | 73 | 67 | 66 | 67 | 68 | 75 | 82 | 87 | 89 | 77 | 94 | 55 | 39 |

| Aug. | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- fukt. | max. | min. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 86 | 84 | 75 | 65 | 68 | 65 | 72 | 81 | 89 | 87 | 96 | 86 | 79 | 93 | 61 | 32 |
| 2 | 93 | 86 | 78 | 64 | 64 | 54 | 56 | 63 | 88 | 84 | 86 | 80 | 75 | 96 | 52 | 44 |
| 3 | 82 | 96 | 78 | 80 | 69 | 72 | 85 | 86 | 90 | 92 | 93 | 95 | 85 | 96 | 66 | 30 |
| 4 | 95 | 95 | 87 | 72 | 66 | 62 | 63 | 66 | 76 | 89 | 93 | 93 | 80 | 95 | 62 | 33 |
| 5 | 93 | 93 | 94 | 88 | 76 | 72 | 68 | 67 | 71 | 77 | 76 | 81 | 80 | 95 | 65 | 30 |
| 6 | 83 | 82 | 71 | 70 | 70 | 74 | 86 | 85 | 89 | 94 | 90 | 78 | 81 | 88 | 67 | 21 |
| 7 | 79 | 83 | 94 | 94 | 92 | 91 | 93 | 93 | 95 | 95 | 94 | 96 | 92 | 95 | 76 | 19 |
| 8 | 97 | 97 | 97 | 95 | 95 | 95 | 92 | 91 | 87 | 92 | 95 | 94 | 94 | 97 | 85 | 12 |
| 9 | 94 | 91 | 90 | 79 | 70 | 70 | 61 | 77 | 75 | 86 | 92 | 92 | 81 | 95 | 55 | 40 |
| 10 | 89 | 89 | 84 | 59 | 49 | 52 | 49 | 55 | 73 | 84 | 85 | 88 | 71 | 92 | 46 | 46 |
| 11 | 89 | 85 | 80 | 77 | 45 | 44 | 40 | 40 | 43 | 63 | 67 | 80 | 63 | 90 | 38 | 52 |
| 12 | 86 | 86 | 85 | 84 | 75 | 55 | 47 | 50 | 49 | 71 | 77 | 81 | 71 | 91 | 42 | 49 |
| 13 | 84 | 89 | 81 | 76 | 56 | 48 | 42 | 39 | 42 | 59 | 73 | 73 | 64 | 89 | 36 | 53 |
| 14 | 88 | 86 | 82 | 70 | 61 | 57 | 59 | 49 | 50 | 66 | 81 | 80 | 69 | 89 | 47 | 42 |
| 15 | 85 | 95 | 97 | 70 | 63 | 60 | 54 | 53 | 56 | 64 | 77 | 70 | 70 | 97 | 52 | 45 |
| 16 | 89 | 85 | 91 | 85 | 75 | 58 | 57 | 61 | 71 | 85 | 89 | 90 | 78 | 93 | 51 | 42 |
| 17 | 91 | 95 | 93 | 87 | 64 | 43 | 44 | 45 | 66 | 76 | 81 | 87 | 73 | 97 | 41 | 56 |
| 18 | 89 | 86 | 88 | 80 | 68 | 64 | 68 | 62 | 68 | 77 | 83 | 80 | 76 | 89 | 60 | 29 |
| 19 | 80 | 81 | 77 | 71 | 63 | 55 | 47 | 47 | 61 | 83 | 90 | 98 | 71 | 84 | 44 | 40 |
| 20 | 97 | 97 | 81 | 70 | 64 | 57 | 52 | 50 | 73 | 82 | 90 | 95 | 74 | 98 | 48 | 50 |
| 21 | 98 | 95 | 84 | 77 | 76 | 64 | 56 | 67 | 83 | 93 | 93 | 96 | 82 | 100 | 54 | 46 |
| 22 | 95 | 95 | 95 | 97 | 94 | 94 | 94 | 91 | 93 | 89 | 90 | 94 | 93 | 98 | 84 | 10 |
| 23 | 92 | 92 | 94 | 93 | 92 | 89 | 90 | 88 | 95 | 92 | 92 | 90 | 91 | 94 | 86 | 8 |
| 24 | 95 | 95 | 84 | 84 | 91 | 86 | 69 | 75 | 72 | 87 | 82 | 81 | 83 | 95 | 61 | 34 |
| 25 | 90 | 80 | 72 | 60 | 63 | 61 | 80 | 83 | 91 | 81 | 86 | 74 | 77 | 91 | 58 | 33 |
| 26 | 73 | 72 | 81 | 62 | 37 | 36 | 40 | 46 | 51 | 56 | 72 | 82 | 59 | 92 | 34 | 58 |
| 27 | 92 | 82 | 79 | 85 | 81 | 89 | 79 | 87 | 96 | 95 | 87 | 86 | 87 | 92 | 73 | 19 |
| 28 | 88 | 91 | 83 | 79 | 74 | 75 | 82 | 93 | 90 | 87 | 86 | 85 | 84 | 97 | 71 | 26 |
| 29 | 76 | 76 | 73 | 73 | 68 | 65 | 70 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Med. | 89 | 89 | 85 | 78 | 70 | 66 | 65 | 68 | 74 | 82 | 86 | 86 | 78 | 93 | 58 | 35 |

TAB. V.

Den relativa luftfuktigheten i fjällregionen vid Saltoluokte sommaren 1913.

| Juni | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- fukt. | max. | min. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 74 | 83 | 96 | — | — | — | — |
| 14 | 100 | 81 | 86 | 92 | 89 | 84 | 98 | 97 | 89 | 87 | 83 | 79 | 89 | 100 | 72 | 28 |
| 15 | 86 | 87 | 83 | 80 | 74 | 81 | 86 | 89 | 85 | 90 | 89 | 94 | 85 | 98 | 69 | 29 |
| 16 | 94 | 84 | 79 | 68 | 60 | 53 | 59 | 56 | 62 | 65 | 75 | 74 | 69 | 97 | 52 | 45 |
| 17 | 82 | 91 | 93 | 96 | 83 | 76 | 77 | 80 | 88 | 94 | 99 | 96 | 88 | 97 | 70 | 27 |
| 18 | 95 | 90 | 87 | 51 | 46 | 43 | 40 | 42 | 46 | 51 | 64 | 73 | 61 | 99 | 39 | 60 |
| 19 | 81 | 75 | 68 | 59 | 52 | 40 | 36 | 35 | 41 | 44 | 57 | 73 | 55 | 85 | 34 | 51 |
| 20 | 69 | 58 | 58 | 54 | 37 | 29 | 26 | 28 | 33 | 42 | 65 | 61 | 47 | 75 | 26 | 49 |
| 21 | 69 | 66 | 62 | 49 | 35 | 35 | 31 | 32 | 34 | 43 | 62 | 75 | 49 | 73 | 30 | 43 |
| 22 | 65 | 63 | 62 | 59 | 49 | 38 | 36 | 35 | 41 | 46 | 53 | 59 | 51 | 77 | 35 | 42 |
| 23 | 60 | 63 | 60 | 56 | 52 | 40 | 37 | 36 | 41 | 58 | 73 | 84 | 55 | 67 | 35 | 32 |
| 24 | 92 | 87 | 80 | 70 | 72 | 81 | 82 | 75 | 68 | 63 | 67 | 79 | 76 | 94 | 63 | 31 |
| 25 | 82 | 78 | 72 | 67 | 63 | 61 | 61 | 60 | 58 | 60 | 76 | 80 | 68 | 83 | 57 | 26 |
| 26 | 75 | — | — | — | — | — | — | 44 | 49 | 58 | 82 | 85 | — | — | — | — |
| 27 | 94 | 96 | 93 | 82 | 63 | 60 | 54 | 57 | 61 | 71 | 84 | 93 | 76 | 97 | 53 | 42 |
| 28 | 97 | 98 | 86 | 79 | 73 | 66 | 57 | 57 | 64 | 79 | 91 | 96 | 79 | 98 | 54 | 44 |
| 29 | 100 | 99 | 90 | 80 | 72 | 61 | 56 | 60 | 62 | 68 | 84 | 90 | 77 | 100 | 55 | 45 |
| 30 | 95 | 86 | 78 | 70 | 63 | 55 | 47 | 48 | 62 | 73 | 83 | 93 | 72 | 96 | 45 | 41 |
| Med. | 84 | 81 | 76 | 67 | 58 | 53 | 50 | 50 | 56 | 61 | 74 | 81 | 66 | 89 | 46 | 43 |

| Juli | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- fukt. | max. | min. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 88 | 85 | 77 | 58 | 47 | 45 | 45 | 41 | 52 | 72 | 81 | 92 | 65 | 89 | 41 | 48 |
| 2 | 82 | 85 | 91 | 85 | 74 | 65 | 51 | 46 | 46 | 51 | 64 | 82 | 69 | 93 | 42 | 51 |
| 3 | 80 | 61 | 74 | 64 | 62 | 48 | 53 | 73 | 75 | 84 | 89 | 86 | 71 | 85 | 45 | 40 |
| 4 | 90 | 90 | 85 | 87 | 94 | 90 | 89 | 89 | 84 | 82 | 77 | 70 | 86 | 94 | 68 | 26 |
| 5 | 75 | 75 | 71 | 57 | 48 | 52 | 54 | 55 | 56 | 68 | 70 | 77 | 63 | 90 | 48 | 42 |
| 6 | 82 | 80 | 63 | 52 | 47 | 39 | 38 | 40 | 44 | 54 | 69 | 79 | 57 | 83 | 37 | 46 |
| 7 | 71 | 65 | 51 | 49 | 46 | 37 | 42 | 43 | 41 | 45 | 53 | 74 | 51 | 82 | 37 | 48 |
| 8 | 72 | 76 | 73 | 74 | 65 | 58 | 43 | 50 | 49 | 52 | 62 | 75 | 61 | 77 | 43 | 34 |
| 9 | 73 | 76 | 71 | 68 | 72 | 90 | 86 | 80 | 82 | 83 | 88 | 89 | 80 | 90 | 64 | 26 |
| 10 | 90 | 89 | 89 | 85 | 79 | 76 | 80 | 73 | 73 | 79 | 82 | 84 | 82 | 92 | 70 | 22 |
| 11 | 87 | 89 | 89 | 79 | 72 | 62 | 61 | 83 | 89 | 82 | 83 | 85 | 80 | 91 | 56 | 35 |
| 12 | 85 | 82 | 87 | 86 | 87 | 77 | 78 | 67 | 75 | 74 | 77 | 86 | 80 | 89 | 65 | 24 |
| 13 | 80 | 73 | 75 | 78 | 71 | 60 | 51 | 64 | 67 | 75 | 78 | 79 | 71 | 91 | 46 | 45 |
| 14 | 72 | 74 | 71 | 61 | 50 | 29 | 26 | 30 | 32 | 46 | 46 | 52 | 49 | 82 | 25 | 57 |
| 15 | 59 | 63 | 56 | 49 | 44 | 38 | 36 | 30 | 34 | 47 | 67 | 76 | 50 | 74 | 22 | 52 |
| 16 | 80 | 77 | 74 | 57 | 45 | 46 | 44 | 47 | 48 | 52 | 63 | 84 | 61 | 82 | 40 | 42 |
| 17 | 89 | 88 | 89 | 80 | 66 | 48 | 80 | 90 | 87 | 86 | 88 | 87 | 82 | 90 | 44 | 46 |
| 18 | 87 | 87 | 88 | 82 | 86 | 83 | 74 | 82 | 77 | 81 | 84 | 84 | 83 | 91 | 73 | 18 |
| 19 | 85 | 82 | 73 | 70 | 55 | 45 | 68 | 74 | 64 | 77 | 79 | 89 | 72 | 86 | 45 | 41 |
| 20 | 89 | 88 | 88 | 88 | 88 | 82 | 84 | 76 | 81 | 80 | 84 | 85 | 84 | 90 | 71 | 19 |
| 21 | 89 | 85 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 22 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 23 | — | — | — | — | — | — | 44 | 45 | 48 | 65 | 68 | 72 | — | — | — | — |
| 24 | 78 | 81 | 80 | 69 | 70 | 64 | 74 | 81 | 85 | 89 | 86 | 86 | 79 | 85 | 63 | 22 |
| 25 | 83 | 89 | 85 | 80 | 69 | 50 | 44 | 49 | 57 | 73 | 84 | 87 | 71 | 92 | 43 | 49 |
| 26 | 83 | 84 | 82 | 77 | 76 | 67 | 62 | 58 | 62 | 65 | 84 | 83 | 74 | 89 | 54 | 35 |
| 27 | 90 | 91 | 81 | 64 | 54 | 52 | 48 | 55 | 66 | 78 | 83 | 84 | 71 | 92 | 46 | 46 |
| 28 | 84 | 81 | 90 | 79 | 78 | 79 | 70 | 75 | 76 | 82 | 88 | 89 | 81 | 90 | 61 | 29 |
| 29 | 89 | 89 | 90 | 90 | 89 | 77 | 72 | 75 | 79 | 86 | 87 | 87 | 84 | 93 | 66 | 27 |
| 30 | 84 | 86 | 76 | 70 | 55 | 63 | 60 | 59 | 60 | 67 | 71 | 78 | 69 | 89 | 52 | 37 |
| 31 | 82 | 82 | 78 | 76 | 87 | 72 | 75 | 74 | 79 | 79 | 89 | 84 | 80 | 89 | 67 | 22 |
| Med. | 82 | 81 | 78 | 72 | 67 | 61 | 60 | 63 | 65 | 71 | 77 | 82 | 72 | 88 | 51 | 37 |

| Aug. | 2 a. m. | 4 a. m. | 6 a. m. | 8 a. m. | 10 a. m. | mid- dag | 2 p. m. | 4 p. m. | 6 p. m. | 8 p. m. | 10 p. m. | mid- natt | me- del- fukt. | max. | min. | oper. ampl. |
|------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|----------------------|------|------|----------------|
| 1 | 84 | 83 | 85 | 72 | 65 | 68 | 64 | 77 | 79 | 92 | 80 | 86 | 78 | 91 | 61 | 30 |
| 2 | 88 | 89 | 83 | 76 | 66 | 65 | 60 | 53 | 63 | 85 | 84 | 86 | 75 | 92 | 50 | 42 |
| 3 | 84 | 81 | 91 | 78 | 75 | 69 | 85 | 82 | 86 | 87 | 88 | 86 | 83 | 93 | 67 | 26 |
| 4 | 90 | 90 | 90 | 84 | 73 | 66 | 60 | 65 | 74 | 85 | 89 | 88 | 79 | 91 | 59 | 32 |
| 5 | 88 | 88 | 88 | 84 | 76 | 71 | 69 | 66 | 70 | 74 | 76 | 80 | 78 | 89 | 65 | 33 |
| 6 | 82 | 81 | 72 | 72 | 69 | 74 | 84 | 85 | 84 | 90 | 83 | 78 | 79 | 83 | 67 | 16 |
| 7 | 80 | 83 | 88 | 89 | 89 | 88 | 88 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 88 | 90 | 79 | 11 |
| 8 | 90 | 90 | 90 | 90 | 88 | 89 | 89 | 88 | 86 | 86 | 87 | 87 | 88 | 90 | 85 | 5 |
| 9 | 89 | 89 | 89 | 83 | 80 | 74 | 62 | 67 | 76 | 79 | 86 | 88 | 80 | 90 | 61 | 29 |
| 10 | 87 | 88 | 85 | 68 | 58 | 49 | 52 | 59 | 56 | 78 | 84 | 84 | 71 | 91 | 47 | 44 |
| 11 | 87 | 82 | 79 | 61 | 44 | 44 | 39 | 40 | 41 | 59 | 70 | 75 | 60 | 87 | 39 | 48 |
| 12 | 83 | 70 | 72 | 68 | 50 | 47 | 41 | 47 | 46 | 70 | 79 | 78 | 63 | 84 | 40 | 44 |
| 13 | 80 | 81 | 75 | 62 | 50 | 44 | 41 | 37 | 45 | 66 | 72 | 73 | 61 | 85 | 36 | 49 |
| 14 | 75 | 77 | 72 | 66 | 62 | 57 | 52 | 50 | 53 | 73 | 81 | 76 | 66 | 80 | 49 | 32 |
| 15 | 80 | 88 | 77 | 70 | 62 | 61 | 55 | 57 | 61 | 70 | 78 | 78 | 70 | 90 | 55 | 35 |
| 16 | 90 | 81 | 75 | 77 | 64 | 61 | 54 | 57 | 61 | 79 | 87 | 88 | 73 | 94 | 55 | 40 |
| 17 | 84 | 90 | 81 | 82 | 75 | 42 | 44 | 43 | 50 | 71 | 77 | 89 | 69 | 91 | 40 | 51 |
| 18 | 89 | 89 | 88 | 84 | 68 | 64 | 65 | 62 | 64 | 74 | 76 | 80 | 75 | 89 | 61 | 28 |
| 19 | 73 | 81 | 83 | 76 | 71 | 64 | 47 | 45 | 50 | 64 | 72 | 86 | 68 | 85 | 43 | 42 |
| 20 | 92 | 92 | 80 | 73 | 66 | 60 | 53 | 49 | 53 | 70 | 81 | 81 | 71 | 93 | 49 | 44 |
| 21 | 88 | 93 | 89 | 77 | 81 | 77 | 63 | 62 | 74 | 83 | 94 | 93 | 81 | 95 | 56 | 39 |
| 22 | 92 | 92 | 92 | 91 | 90 | 93 | 91 | 86 | 93 | 91 | 89 | 86 | 91 | 96 | 84 | 12 |
| 23 | 92 | 93 | 92 | 92 | 91 | 89 | 91 | 91 | 90 | 88 | 86 | 88 | 90 | 93 | 85 | 8 |
| 24 | 86 | 82 | 86 | 85 | 82 | 88 | 65 | 73 | 78 | 71 | 81 | 79 | 80 | 92 | 59 | 33 |
| 25 | 83 | 87 | 68 | 63 | 62 | 64 | 62 | 82 | 80 | 84 | 84 | 73 | 74 | 90 | 59 | 31 |
| 26 | 75 | 73 | 69 | 64 | 43 | 35 | 34 | 41 | 47 | 52 | 59 | 70 | 55 | 89 | 33 | 56 |
| 27 | 83 | 80 | 80 | 78 | 90 | 81 | 86 | 79 | 94 | 90 | 91 | 83 | 85 | 93 | 72 | 21 |
| 28 | 85 | 82 | 76 | 71 | 76 | 79 | 72 | 79 | 88 | 86 | 87 | 84 | 80 | 95 | 64 | 31 |
| 29 | 79 | 77 | 72 | 71 | 70 | 65 | 68 | — | — | — | — | — | — | 88 | — | — |
| Med. | 85 | 85 | 82 | 76 | 70 | 67 | 63 | 65 | 69 | 78 | 82 | 83 | 75 | 90 | 58 | 32 |

Zusammenfassung.

Die Messungen des Niveaus der Birken- und Kiefernwaldgrenzen wurden im nördlichen Teile Lule Lappmarks während der Sommerzeit der Jahre 1910—1915 vom Verfasser ausgeführt. Auf Grund der topographischen und klimatischen Verhältnisse zerfällt dieses Gebiet in vier Zonen. In deren östlichster überragen nämlich nur die höchsten unter den schwach gewölbten Bergrücken und Höhen des Urgesteinplateaus die Waldgrenze und tragen isolierte Flecken von *regio alpina*. Unmittelbar an diese Zone von isolierten Gebirgen schliessen sich im W. die niedrigen Gebirge mit zusammenhängender *regio alpina*, die dadurch bedingt ist, dass das Urgesteinplateau hier im allgemeinen über die Grenze des Birkenwaldes emporragt und nur die Täler unter dieser liegen. Diese beiden Zonen sind durch verhältnismässig geringe mittlere Höhe und ziemlich weich modellierte Terrainformen gekennzeichnet. Im Gegensatz hiezu sind für die Hochgebirgszone, in welcher der Wald ebenfalls auf die Täler und deren Seiten beschränkt ist, kühnere Formen mit tief eingeschnittenen steilwandigen Tälern charakteristisch. Zwischen diesem Gürtel und der Hauptwasserscheide breitet sich das westliche Gebirgsgebiet aus, das geringere mittlere Höhe und offenere Täler aufweist. Es ist grösstenteils waldlos, besonders im W., wo sogar den Talböden die Waldbedeckung fehlt. An diese vier Zonen schliesst sich als eine fünfte das norwegische Küstenland an mit seiner kühn modellierten Topographie und seinem ausgeprägten Waldmangel.

Die Messungen, die nur die *obere* Birkenwaldgrenze, d. h. die *höchsten* Punkte der Birkenwaldgrenze an jedem Gebirgsabhang oder jeder Talseite berücksichtigten, führten zu dem Ergebnis, dass diese Grenze, die bei dem südöstlichsten der isolierten Gebirge am tiefsten liegt (538 *m* über dem Meere), gegen die Grenze der niedrigen Gebirge mit zusammenhängender *regio alpina* langsam um etwa 100 *m* ansteigt (s. oben Tab. 1, S. 9). Beim Übergang zu dieser erhebt sie sich plötzlich um 40—50 *m*; der Mittelwert für die Grenze des Birkenwaldes innerhalb der zuletzt genannten Zone beläuft sich auf 694 *m* (s. Tab. 2, S. 11). An der Grenze der Hochgebirgszone steigt sie um weitere 10 *m*, weist also hier ein mittleres Niveau von 704 *m* auf (s. Tab. 3, S. 10). Weiter gegen W. sinkt sie aufs neue, so dass sogar die tiefsten Passpunkte der Hauptwasserscheide waldlos sind.

Den Grund für die Erscheinung, dass die Grenze des Birkenwaldes sonach vom östlichen und inneren Lappland gegen das Hochgebirge zu steigt (vergl. Fig. 10, S. 58), haben einige Gelehrte, z. B. FRIES (5) darin gesehen, dass die Sommertemperatur je nach der Lage der Massenerhebungen in derselben Richtung steigt. Um hierüber Gewissheit zu erlangen, placierte ich im Frühjahr 1913 einen Thermographen an der Waldgrenze des isolierten Gebirges Vuosmavare in der Nähe von Porjus und einen anderen in gleicher Weise an der östlichen Grenze der Hochgebirgszone, 77 km weiter nordwestlich. Die Thermographenwerte, die ich nach 2 1/2 Monaten erhielt (s. Tab. I und II, S. 61—64), ergaben für die westliche Station sowohl eine tiefere mittlere Tagestemperatur (s. Tab. S. 20) als auch (s. Tab. S. 22) eine tiefere unperiodische Maximaltemperatur und Temperatur für die wärmste Stunde des Tages (2 p. m.). Dass somit die Massenerhebungen keine Temperatursteigerung hervorzurufen scheinen, dürfte teils auf den Gegensätzen des kontinentalen Klimas im O., teils auf den im Sommer kälteren Maritima im W. beruhen, teils auf der grösseren Schneemenge in den Hochgebirgen.

Dass dessenungeachtet die obere Birkenwaldgrenze in derselben Richtung steigt, beruht vor allem auf den topographischen Verschiedenheiten, welche die einzelnen Zonen aufweisen. Auf den isolierten Gebirgen ist die Grenze auf freien, allen Winden ausgesetzten Abhängen gelegen, auf den Hochgebirgen dagegen an den Seiten enger Täler und in windgeschützten Senkungen. An sonnigen Tagen wird darum die Lufttemperatur an diesen Orten grösser als in dem Gebiete überhaupt. Dazu kommt noch, dass die Schösslinge und Blätter der Birke, wenn sie von ruhiger Luft umgeben sind mehr durch Insolation erwärmt werden als an windigen Stellen. Durch thermoelektrische Untersuchungen habe ich festgestellt (s. Tab. 6, S. 31), dass die Birkenschösslinge an heiteren Tagen bei Windstille auf eine Temperatur von 5,1° über der Schattentemperatur der Luft erwärmt werden können, während sie bei einem Wind von 3,5 m nur auf 2,4° über derselben erwärmt wurden. Dieser Umstand dürfte einen relativen Wärmeüberschuss für die Birkenwaldgrenze an windgeschützten Orten der Hochgebirge im Verhältnis zu den für die Winde offenen Orten der isolierten Gebirge zur Folge haben.

Schliesslich ist der Birkenwald in den Hochgebirgen von den Feuchtigkeitsverhältnissen begünstigt. Es liess sich feststellen, dass der Birkenwald auf gleichmässig abschüssigem Boden unter sonst ganz gleichen Verhältnissen, wo der Boden feucht ist, um mehr als 100 m höher emporreicht als dort, wo der Boden trocken ist (vergl. Fig. 4, S. 36 und tavla II). Auf den isolierten Gebirgen ist die Schneeschmelze schon zur Zeit der Sonnenwende abgeschlossen, wogegen sie auf den Hochgebirgen während der ganzen warmen Jahreszeit vor sich geht, während deren demnach der Boden dort beständig vom Schmelzwasser befeuchtet wird. Da nun die Birke so starke Trockenheit während des Sommers offenbar nicht verträgt, sind diese Verhältnisse augenscheinlich die Erklärung für den Umstand, dass sie am weitesten im O. ihre thermische Grenze nicht erreicht. In derselben Richtung wirken die austrocknenden

Faktoren Windstärke und Luftfeuchtigkeit, die auf den isolierten Gebirgen mit grösserer Intensität auftreten.

Im Gegensatz zur Birke ist die Kiefer während des Sommers für Trockenheit weniger empfindlich. Die Kiefernwaldgrenze liegt im Einklang hiemit auf den isolierten Gebirgen, wo sie 616 *m* erreicht, höher (s. Tab. 7, S. 57), sinkt aber dann gegen W. zum westlichen Teil der Hochgebirgszone hin, wo der Kiefernwald bei 494 *m* ü. d. M. aufhört (vergl. Fig. 10, S. 58). Seine obere Grenze dürfte also in dieselbe Richtung wie die allgemeine Temperaturkurve fallen.

.

- - - - -

Litteraturförteckning.

1. ANDERSSON, GUNNAR och BIRGER, SELIM. Den norrländska florans fördelning och invandrings historia. — Norrländskt Handbibliotek V. Upsala 1912.
2. BORG, VÄINÖ. Beiträge zur Kenntniss der Flora und Vegetation der finnischen Fjelde. — Acta Soc. Fauna & Fl. Fenn. Bd. 25 n:r 7. Helsingfors 1904.
3. CLEVE—EULER, ASTRID. Skogsträdens höjdgränser i trakten av St. Sjöfallet. — Sv. Bot. Tidskr. Bd. 6. Sthlm. 1912.
4. FRIES, THORE C. E. Avlagringarne vid Arpojaure. — G. F. F. Bd. 33. Sthlm. 1911.
5. —, —. Botanische Untersuchungen im nördlichsten Schweden. — Vetenskapliga o. prakt. unders. i Lappl. Upsala 1913.
6. FRÖDIN, JOHN. Om fjällväxter nedanför skogsgränsen i Skandinavien. — K. V. A. Arkiv f. Botanik. Bd. 10. N:r 16. Upsala 1911.
7. —, —. Tvenne västskandinaviska klimatfaktorer och deras växtgeografiska betydelse. — K. V. A. Arkiv f. Botanik. Bd. 11. N:r 12. Upsala 1912.
8. —, —. Geografiska Studier i St. Lule älvs källområde — S. G. U. Ser. C. N:r 257 (Årsbok 7, 1913). Sthlm. 1914.
9. —, —. Några märkliga sydberg i Lule Lappmark. — Sv. Bot. Tidskr. Bd. 9. Sthlm 1915.
10. GAVELIN, AXEL. Om trädgränsernas nedgång i de svenska fjälltrakterna. — Skogsvårdsför-
eningens Tidskr. 1909. Sthlm 1909.
11. —, —. Trädgränsförskjutningarna inom Kamajokks vattenområde. — S. G. U. Ser. C. N:r
227. (Årsb. 3, 1909). Sthlm. 1910.
12. HAGLUND, EMIL. Ur de nordiska vedväxternas ekologi. Akad. avh. Upsala 1905.
13. HAMBERG, AXEL. Kürze Übersicht der Gletscher Schwedens. — S. G. U. Ser. Ca. N:o 5.
Sthlm. 1910.
14. —, —. Iakttagelser öfver lufttemperatur och skogsgränser i Sarektrakten. — G. F. F. Bd. 37.
Sthlm. 1915.
15. v. HANN, JULIUS. Lehrbuch der Meteorologie. Dritte Aufl. Leipzig 1915.
16. HANSEN, A. M. Snegrændsen i Norge. — Geogr. Selskabs Aarbog. XIII. Kr:a 1902.
17. HELLAND, AMUND, Trægrændser og sommervarmen. — Tidskr. f. skogsbrug 1912. Kr:a 1912.
18. HOLMERZ, C. G. och ÖRTENBLAD, TH. Om Norrbottens skogar. — Bih. t. Domänst:s underd.
Ber. rör. skogsvä:s:t år 1885. Bidr. till Sveriges offic. statistik. Sthlm. 1886.
19. HOLMGREN, ANDERS. En insekthärjning och dess inflytande på vegetationen. Skogsvårds-
För:s Tidsk. 1905. Sthlm. 1905.
20. HULT, RAGNAR. Växtgeografiska anteckningar från den finska Lappmarkens skogsregioner.
— Acta Soc:is pro Fauna et Fl. Fenn. XVI, N:r 2. H-fors 1898.
21. HÖGBOM, A. G. Norrland. — Norrl. Handbibliotek I. Upsala 1906.
22. IMHOF, EDUARD. Die Waldgrenze in der Schweiz. — Beitr. z. Geophysik. IV Bd. Leipzig
1900.
23. *Jahrbücher des Norwegischen Meteorologischen Instituts.* 1891—1910. Kr:a.
24. JEGERLEHNER, J. Die Schneegrenze in der Gletschergebieten der Schweiz. — Beitr. zur
Geophysik. V Bd. N:o XIII. Leipzig 1903.

25. KIHLMAN, A. Osw. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. — Acta Soc:tis pro Fauna et Fl. Fenn. T. VI. N:o 3. H-fors 1890.
 26. LINDMAN, C. A. M. Några bidrag till frågan: Buske eller träd. — K. V. A. Årsb. Årg. 12. 1914. Uppsala 1914.
 27. MAREK, R. Waldgrenzstudien in den österreichischen Alpen. — Peterm. Mitt. Ergänzt: hft. N:o 168. Gotha 1910.
 28. NILSSON, ALB. Om Norrbottens växtlighet med särskild hänsyn till dess skogar. — Tidskr. f. Skogshushållning 1897. Sthlm. 1897.
 29. NORMAN, J. M. Norges arktiske Flora. I—II. Kr:a. 1894—1901.
 30. DE QUERVAIN, ALFRED, Die Hebung der atmosphärischen Isotermen in den Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu den Höhengrenzen. — Beitr. zur Geophysik VI Bd. Leipzig 1904.
 31. REKSTAD, J. Die Abhängigkeit der Lage der Schneegrenzen in Norwegen — Forhandlinger i Vidensk.-Selsk. i Christiania. Aar 1907 Nr 7. Kr:a 1908.
 32. SAMUELSSON, GUNNAR. Om Dalafjällen. — Ymer Årg. 34. h. 4. 1914. Sthlm 1915.
 33. —, —. Über den Rückgang der Hazelgrenze in Skandinavien. — Bull. of. Geol. Inst. Upsala. Vol. XIII. Upsala 1915.
 34. SCHIMPER, A. F. W. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. — Jena 1898.
 35. SYLVÉN, NILS, Studier över vegetationen i Torne Lappmarks björkregion. — K. V. A. Arkiv f. Botanik. Bd. 3. Nr 3. Sthlm 1904.
 36. WRÅK, W., Bidrag till Skandinavians reliefkronologi. — Ymer Årg. 28. h. 2. 1908. Sthlm 1908.
-

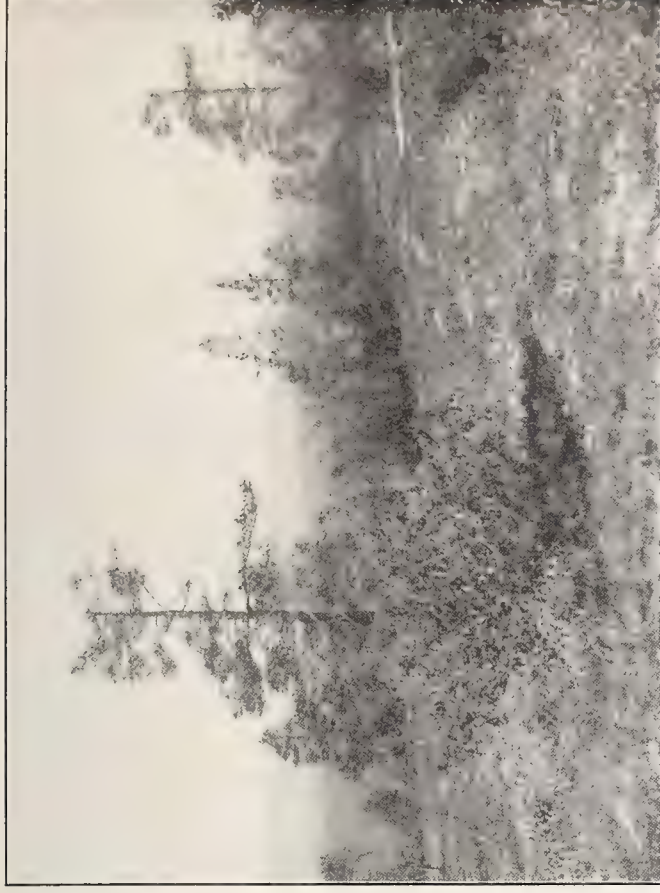
Innehållsförteckning.

| | Sid. |
|--|------|
| Inledning | 3 |
| Björkskogsgränsen | 6 |
| Björkskogsgränsens förlopp | 6 |
| De isolerade lågfjällen i östra och inre Lappland | 6 |
| Den sammanhängande lågfjällszonen | 10 |
| Högfjällszonen | 12 |
| Den västliga fjällszonen | 13 |
| Det norska kustlandet | 14 |
| Sammanfattning | 16 |
| Björkskogsgränsen och de termiska faktorerna | 16 |
| Den allmänna temperaturkurvan | 16 |
| Faktorer vilka motverka massupphöjningarnes inflytande på temperaturen | 23 |
| Lokala avvikelser av luftens temperaturkurva | 27 |
| Förhållandet mellan luftens och växtens egen temperatur | 29 |
| Termiska orsaker till björkskogsgränsens lokala nivåvariation | 32 |
| Björkskogsgränsen och fuktighetsfaktorerna | 34 |
| Markens vattenhalt och björkskogsgränsen | 34 |
| Markfuktighetens inverkan på björkskogsgränsens zonala nivåvariation | 40 |
| Orsakerna till de zonala differenserna i markens vattenhalt | 45 |
| Vindens inverkan på björkskogsgränsens zonala nivåvariation | 48 |
| Luftfuktighetens inverkan på björkskogsgränsens nivå | 48 |
| Sammanfattning | 50 |
| Barrskogsgränsen | 53 |
| Tabeller | 61 |
| Zusammenfassung | 69 |
| Litteraturförteckning | 72 |

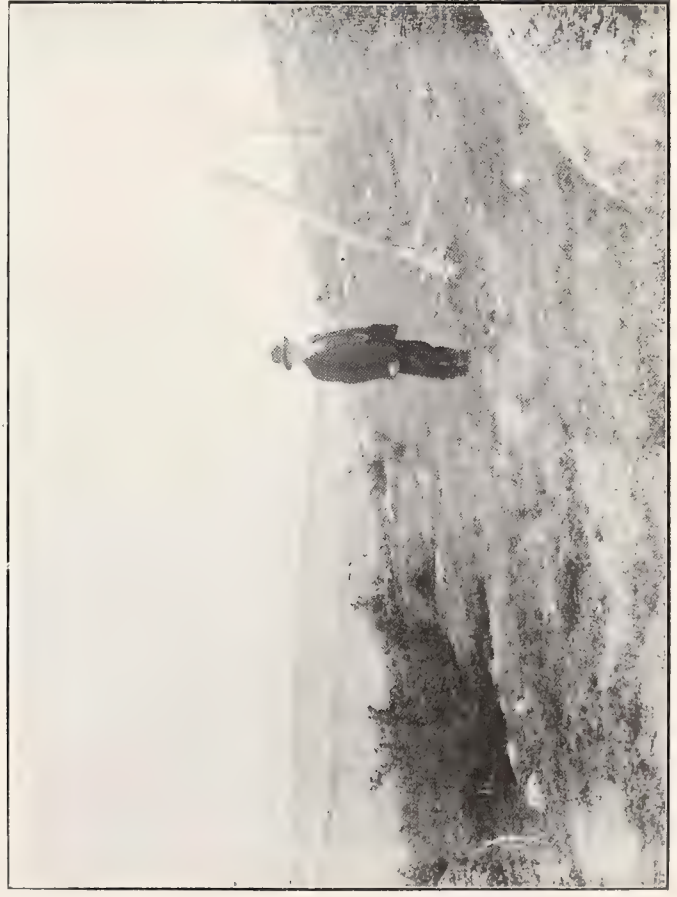




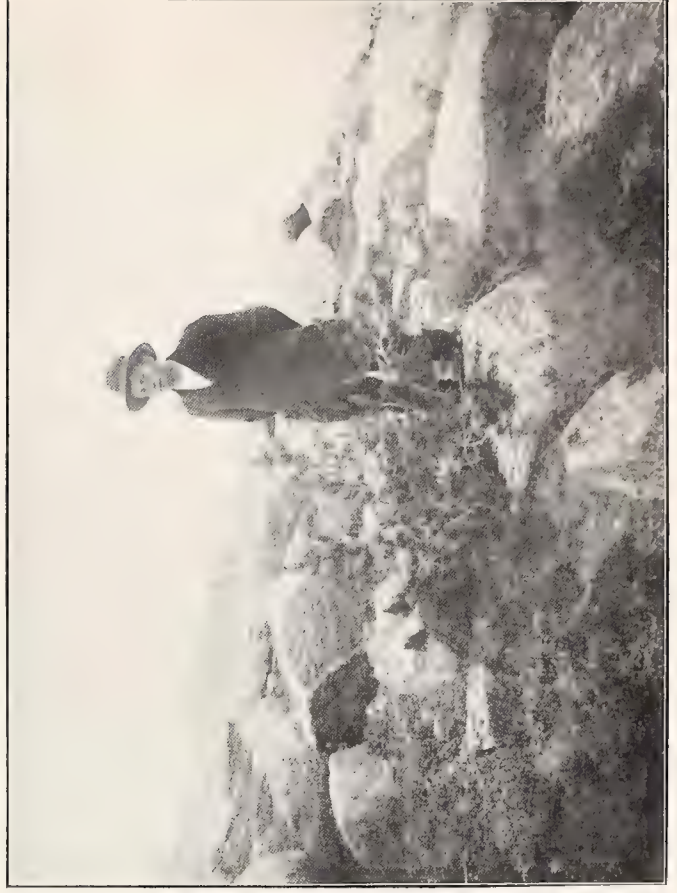
J. Frödin foto 2/8 1913.
Trädformiga björkar på björkskogsgränsen vid Suolakajökk (Alemusjaure).
T. v. buskvegetation av gråviden.



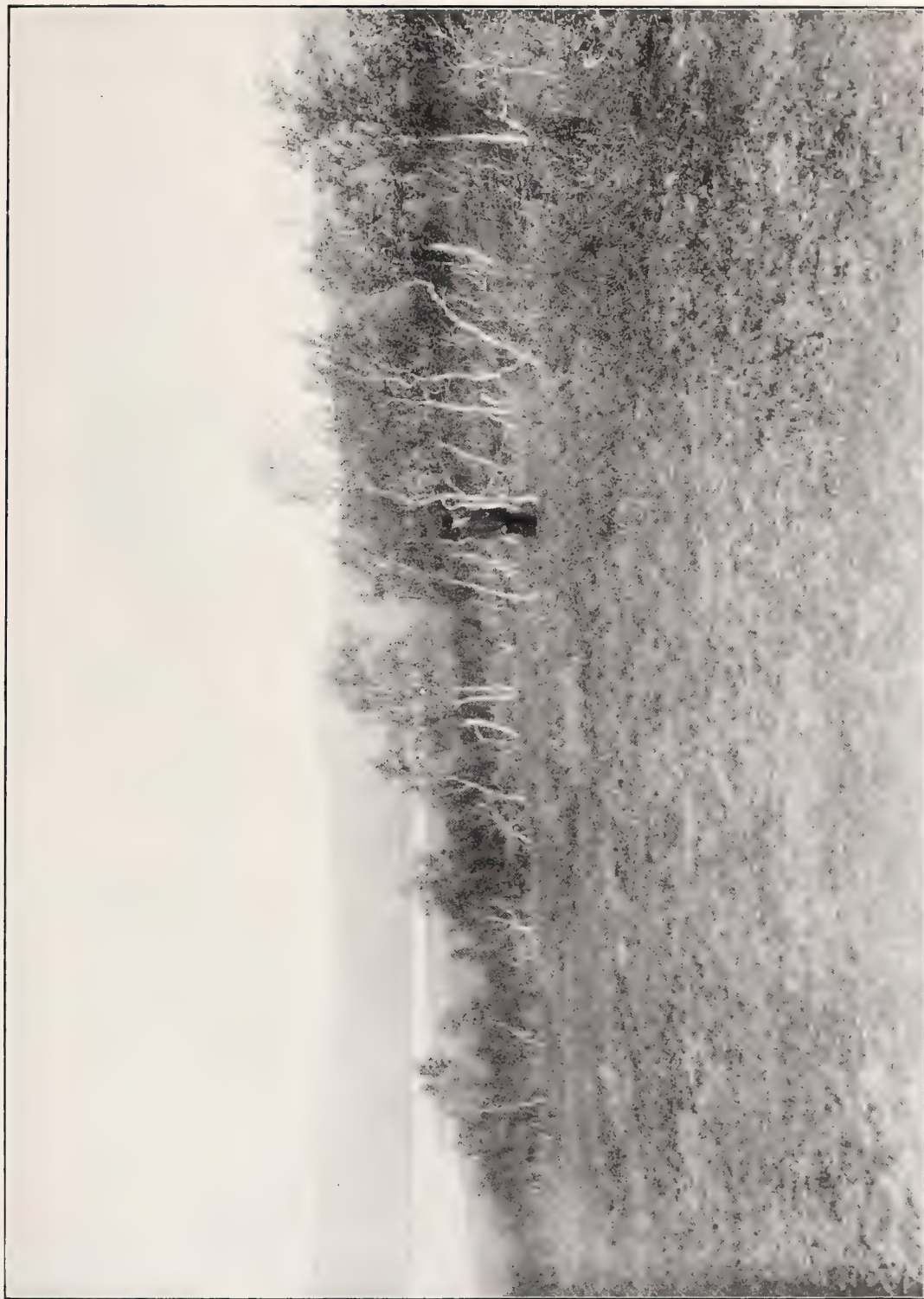
J. Frödin foto 11/8 1915.
Tallbestånd med inblandade björkbuskar ovanför björkskogsgränsen
på Nautanen.



J. Frödin foto 9/8 1915.
Björkbuskar och död tall ovanför skogsgränsen på nordsidan av
Teletöisentunturi.



J. Frödin foto 9/8 1915.
Översta tallplantan på Teletöisentunturis sydsida 631 m ö. h.



Ångsbjörkskog, som tungformigt skjuter upp i fjällregionen, Saltoluokte. I förgrunden fjällhed. Foto'n. tagen mot ONO.
(Se texten s. 36 ff.).
J. Frödin foto. 1/2 1914.

TAVLA III.



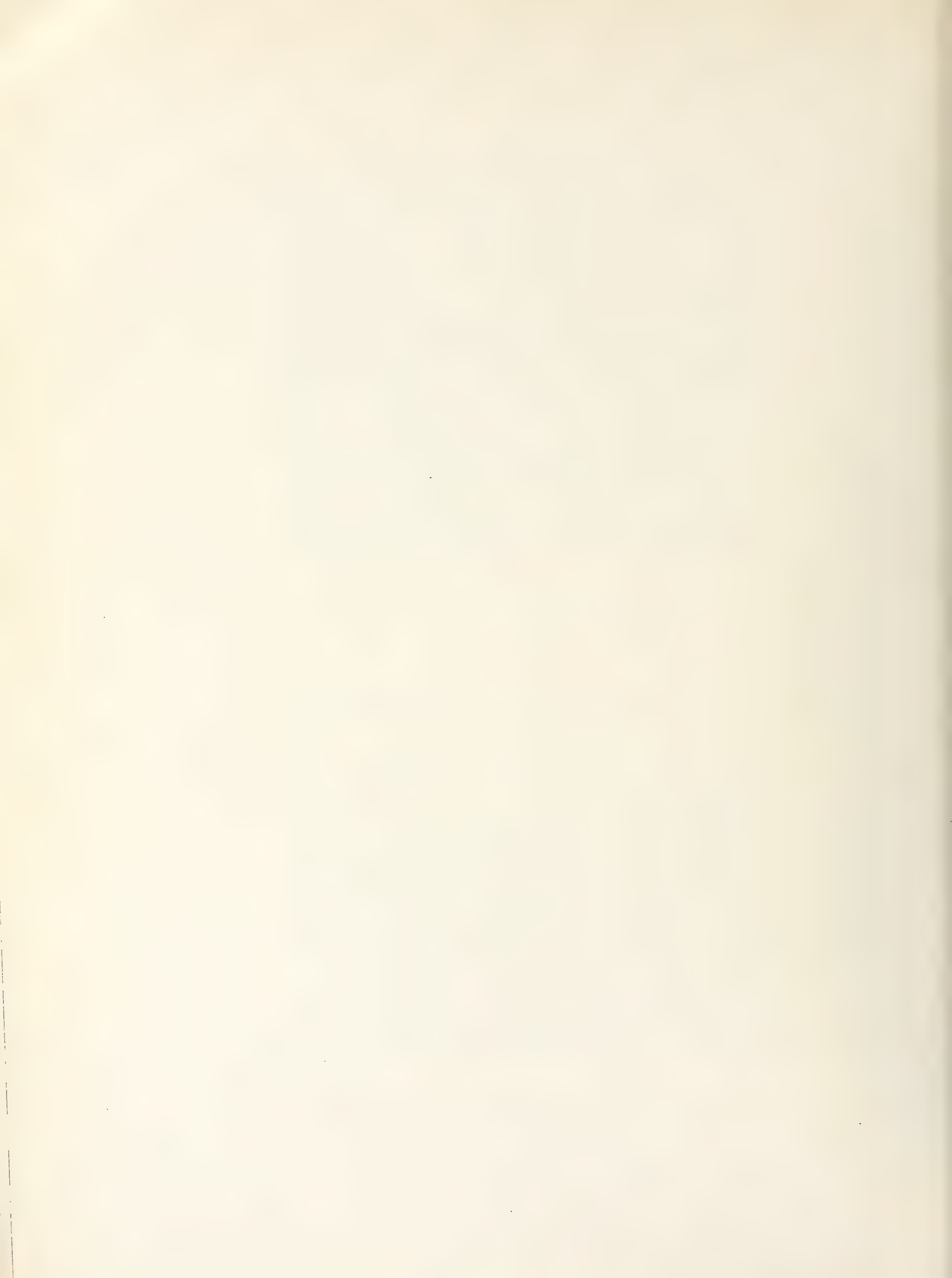
J. Frödin foto 9/8 1915.

Glest tallbestånd ovanför björkskogsgränsen på Nautanen.
Björkbuskar som undervegetation.



J. Frödin foto 9/8 1915.

En av de översta tallarne på sydsidan av Teletöisentunturi.
I bakgrunden enstaka björkbuskar.



LUNDS UNIVERSITETS ÅRSSKRIFT. N. F. -Avd. 2. Bd 13. Nr 3.
KUNGL. FYSIOGRAFISKA SÄLLSKAPETS HANDLINGAR. N. F. Bd 28. Nr 3.

ÜBER

DIE ROTATION DES MONDES

VON

AXEL JÖNSSON

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft am 17. jan. 1917 vorgelegt.

LUND 1917

HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

I.

Geschichtliches über die Rotation des Mondes.

1. Ausser der Erde ist der Mond der einzige Himmelskörper, dessen Rotationsverhältnisse etwas näher kennen zu lernen bis jetzt möglich gewesen ist. Bekanntlich ist der mittlere Rotationszustand des Mondkörpers durch die CASSINI'schen Gesetze charakterisiert, welche gewissermassen als analog den KEPLER'schen Gesetzen für die Bewegung der Planeten um die Sonne bezeichnet werden können.

Das erste der CASSINI'schen Gesetze stellt die Tatsache fest, dass die Rotationszeit und die Umlaufzeit um die Erde einander gleich sind. Die beiden anderen besagen, dass die Neigung zwischen dem Mondäquator und der Ekliptik konstant ist und dass die Pole des Mondäquators, der Ekliptik und der Mondbahn auf demselben Grosskreis in hier genannter Ordnung liegen.

Diese Gesetze können aber nur annähernd richtig sein, da, von der Erde gesehen, periodische Abweichungen von dem darin ausgesprochenen Bewegungszustand vorkommen müssen und zwar zufolge zweier verschiedener Ursachen, welche theils scheinbare, theils wirkliche Abweichungen hervorbringen. Da der Beobachtungsort der Bewegung der Erde um ihre Achse folgt, erhält man ja eine parallaktische Schwankung und andere scheinbare periodische Bewegungen der Mondflecke entstehen zufolge der Ungleichheiten in der Mondbewegung um die Erde und der Neigung des Mondäquators gegen die Mondbahn. Indessen folgt aus der im dritten Gesetz ausgesprochenen Bewegung der Drehungsachse, dass die Trägheitsmomente des Mondes um die Hauptachsen nicht gleich sind und hieraus, dass die Drehungsachse auch anderen Bewegungen als der Präzession unterliegen muss. Diese, die im Gegensatz zu der oben erwähnten sog. optischen Libration des Mondes reell sind, nennt man die physische Libration.

Nach diesen Bemerkungen will ich eine Zusammenfassung der Geschichte unserer Kenntnis von den Drehungsverhältnissen des Mondes geben.

2. Nach HOUZEAU¹ wurde der Erscheinung, dass der Mond der Erde stets dieselbe Seite zuwendet, erst im fünften Jahrhundert Aufmerksamkeit gewidmet. Das Zusammenfallen der Rotationszeit und der Umlaufzeit des Mondes wird jedoch nicht

¹ Vademecum de l'astronome S, 561,

geradezu behauptet, bevor das Kopernikan'sche Weltsystem in die astronomischen Begriffe Klarheit gebracht hat.

Der erste, der eine Abweichung von der gleichförmigen Drehung beobachtete, war GALILEI, der in seinem »Dialogo« vom Jahre 1632 berichtet, dass er eine Variation der Lage zweier Mondflecke gefunden habe, die bezüglich ihrer Grösse in Relation mit der Höhe des Mondes über dem Horizont stände. Diese sogenannte tägliche oder parallaktische Libration deutete er in richtiger Weise als darauf beruhend, dass der Beobachtungsort an der täglichen Bewegung der Erde teilnimmt. GALILEI kannte auch die Libration in Latitud, die auf der Neigung des Mondäquators gegen die Mondbahn beruht; er gab aber keine Erklärung für sie.

Für HEWELIUS war die Libration in Longitud bekannt, er erklärte sie aber nicht richtig, da er gerade wie RICCIOLUS annahm, sie beruhe darauf, dass der Mond immer dieselbe Seite dem Mittelpunkt der Mondbahn zuwende. RICCIOLUS musste annehmen, die Mondbahn sei ein exzentrischer Kreis, um die Libration in Longitud mit der von ihm gegebenen Erklärung in Einklang zu bringen, da nur die Hälfte ihres Betrages sich erklären liesse, wenn die Mondbahn eine Ellipse wäre.

Eine Zusammenfassung der diesen ersten Betrachtungen zu Grunde liegenden Beobachtungen über die scheinbare Mondlibration findet man in RICCIOLUS' »Astronomiae reformatæ« vom Jahre 1665.

NEWTON war der erste¹, der eine richtige Erklärung dieser beobachteten Schwankungen gab, indem er sie als rein optische erklärte und zeigte, dass sie ihre Ursache in den Ungleichheiten der translatorischen Bewegung des Mondes und der gleichförmigen Drehung um die Achse haben. Auch gab er eine richtige Erklärung für die Libration in Latitud; er glaubte aber, die Drehungsachse stehe senkrecht auf der Ekliptik. In seinen Betrachtungen über die Figur des Mondes kam er auch zum ersten Male dazu, von einer reellen oder physischen Libration zu sprechen.

Der Zeitgenosse NEWTON's, J. D. CASSINI, fasste nun seine und die früheren Beobachtungen in den drei wichtigen Gesetzen zusammen. Es scheint aber, als ob KEPLER das Zusammenfallen der Knoten des Mondäquators und der Mondbahn gekannt hätte, da er in seinem »Traum« darüber Andeutungen macht² wie auch über die Neigung zwischen dem Mondäquator und der Ekliptik. CASSINI hat indessen den Betrag dieser Neigung bestimmt, der nach seiner Berechnung $2^{\circ} 30'$ betrug, und die Tatsache ausgesprochen, dass die Ekliptik zwischen den beiden anderen Ebenen liegt, ein für die Theorie der Mondrotation ziemlich wichtiges Verhältnis.

Er publizierte seine Gesetze im Jahre 1693, ohne aber eine einzige Beobachtung zu ihrer Stütze anzuführen, was auch sein Sohn unterliess, als er die Entdeckung seines Vaters beschrieb³.

Um die Schlüsse CASSINI's zu bestätigen, unternahm TOBIAS MAYER in den Jahren 1748 und 1749 eine längere Reihe von Beobachtungen verschiedener Flecke

¹ Phil. Nat. Lib. III. Prop. 17.

² Siehe Delambre: Hist. de l'astronomie moderne, Tome II S. 733.

³ Hist. de l'académie royale de sc. 1721,

und erhielt ein Resultat, das mit den CASSINI'schen Gesetzen statsächlich übereinstimmte; er fand aber einen Wert der Inklination des Mondäquators, der um einen Grad kleiner war als der CASSINI's.

Auch LALANDE fand einige Jahre später eine Bestätigung desselben Resultats und bestimmte die Neigung der Drehungsachse gegen die Ekliptik.

3. Es war nun die Aufgabe der theoretischen Astronomie, den Grund dieser interessanten und eigentümlichen Rotationsverhältnisse zu untersuchen.

D'ALEMBERT war der erste, der das theoretische Problem angriff, indem er seine Formel für die Drehung eines Planeten in derselben Weise anwandte, wie er die theoretische Seite der Erdrotation dargelegt hatte. Sein Resultat war aber nicht einmal annähernd richtig, weil er die Gleichheit zwischen der Rotations- und der Revolutionszeit nicht in Berechnung gezogen hatte.

Gleich einigen anderen wichtigen astronomischen Problemen wurde die erste befriedigende Lösung als Preisschrift der französischen Akademie eingesandt. Diese setzte nämlich ihren Preis für das Jahr 1764 auf eine Erklärung der CASSINI'schen Gesetze und er wurde LAGRANGE für seine berühmte Abhandlung zuerkannt, in der er eine Erklärung der Gleichheit zwischen Rotations- und Revolutionszeit gab, aber ohne das Zusammenfallen der Knoten zu erklären. Er ergänzte später¹ seine Theorie und gab eine theoretische Auseinandersetzung der im zweiten und dritten Gesetze ausgesprochenen Rotationsverhältnisse, die nichts zu wünschen übrig liess.

Kurz nachher trug LAPLACE mit seinen Untersuchungen dazu bei, hierein Klarheit zu bringen, indem er auf einfachere Weise die LAGRANGE'schen Resultate wiederfand und die Einwirkung der sekulären Störungen der Ekliptik untersuchte, welche möglicherweise die Geltung der CASSINI'schen Gesetze aufheben konnten. Er fand indessen, dass die Attraktion der Erde ausreichend ist, um das Zusammenfallen der Knoten auch auf der beweglichen Ekliptik beizubehalten, und weiter fand er, dass die Rotationsgeschwindigkeit denselben sekulären Änderungen wie die Revolution des Mondes unterworfen ist, und dank dieser späteren Tatsache hat die sekuläre Akzeleration in der mittleren Bewegung niemals zur Folge, dass der Mond je die andere Seite der Erde zuwendet. Er wies auch nach, dass die Rotationszeit und die Umlaufzeit von Anfang an nicht notwendiger Weise gleich waren, was auch nur unendlich wenig Wahrscheinlichkeit für sich zu haben schien.

Poisson machte einige Zusätze zu den früher gefundenen Resultaten und fand neue Glieder von langer Periode in den Ausdrücken der Neigung und des Knotens des Mondäquators durch Berücksichtigung einiger Glieder zweiter Ordnung in Bezug auf die Elemente der Mondbahn.

4. Das hier vorliegende mechanische Problem führt zu einem System von linearen Differentialgleichungen, deren Integrale die Drehungsgeschwindigkeit und die Lage des Mondäquators zum Ausdrucke bringen; sie sind also additiv aus zwei Teilen zusammengesetzt, aus der sogenannten freien oder willkürlichen Libration und

¹ Memoires de l'académie de Berlin 1780.

der erzwungenen. Jene besteht aus Schwankungen, in denen die Amplitüden und die Phasen als Integrationskonstanten auftreten, während die Schwingungsdauer auf den Trägheitsmomenten des Mondes beruht. Die erzwungene Libration dagegen besteht aus Schwingungen, die von den Ungleichheiten in der Mondbahn herrühren und daher diese gewissermassen widerspiegeln. Die Periode und die Phasen dieser Schwingungen hängen von der Mondbahn ab, während die Amplitüden ausserdem auf der Figur des Mondes oder richtiger auf den Quotienten der Trägheitsmomente um die Hauptachsen beruhen. Das Studium der physischen Libration gibt uns also ein Mittel an die Hand, diese Grössen zu bestimmen. Es war daher von grossem Interesse, den Betrag der physischen Libration aus den Beobachtungen zu bestimmen, um die in die Theorie eingehenden Konstanten zu ermitteln, die ja mit der Frage der Entwicklung und des inneren Baues des Mondes in Zusammenhang stehen.

Im Anfang des neunzehnten Jahrhunderts hatte die beobachtende Astronomie einen so hohen Standpunkt erreicht, dass man Aussicht hatte, diese Ungleichheiten zu finden. Auf den Vorschlag LAPLACE's führten BOUVARD und ARAGO in den Jahren 1806—1810 eine Reihe von Beobachtungen aus, indem sie zu verschiedenen Zeiten die Rektaszensions- und Deklinationsdifferenzen zwischen einem Fleck und Punkten auf dem Rand der Mondscheibe bestimmten. Dieses Beobachtungsmaterial wurde zusammen mit einigen eigenen Beobachtungen von NICOLLET¹ auf eine verdienstvolle Weise bearbeitet, indem er hieraus die Neigung des Mondäquators und die grösste Ungleichheit in der Libration in Longitud, die der jährlichen Gleichung in der Longitud des Mondes entspricht, bestimmte. Unter Vernachlässigung der willkürlichen Libration berechnete er dann nach den aus der Theorie ergebnen Formeln die Verhältnisse zwischen den Trägheitsmomenten und die Neigung, aber, wie er selbst bemerkte, war seinen Resultaten nicht sehr zu trauen, da die Beobachtungen nicht die erforderliche Genauigkeit hatten.

KREIL und STAMBUCHI publizierten 1837 Bestimmungen von denselben Grössen nach derselben Beobachtungsmethode.

Im Jahre 1839 nahm BESSEL die Frage auf, den Betrag der physischen Libration des Mondes aus den Beobachtungen zu bestimmen. In den »Astronomischen Nachrichten« Nr. 376 und 377 gibt er die Anweisungen, nach denen man aus Helio-meterbeobachtungen der Abstände zwischen einem Punkt auf der Mondscheibe und Punkten auf dem Rand die Abweichungen der Bewegung des Mondes von den CASSINI'schen Gesetzen und dann aus diesen wieder die in die Theorie eingehenden Konstanten berechnen könne. Sein Schüler SCHLÜTER führte sodann in Königsberg in etwa 2 1/2 Jahren genaue Beobachtungen des Kraters Mösting A aus und diese wurden von WICHMANN² fortgesetzt, welcher auch die LAPLACE'sche Theorie ausführlich weiter entwickelte zu einer Form, in der sie direkt auf das Beobachtungsmaterial angewandt werden konnte. Aus dem Resultat seiner Beobachtungen ging hervor, dass die Koeffizienten der Glieder in den Ausdrücken der phy-

¹ Connaissance des Temps 1822—1823.

² Astronomische Nachrichten Nr. 619, 621, 628, 630, 631.

sischen Libration sehr klein sind, so dass ihre Wirkung von der Erde gesehen zwei oder drei Bogensekunden nicht übersteigen kann. Die Schwierigkeit im Probleme fand er zum grossen Teil in den Abweichungen des Mondrands von der Kreisform und weiter wies er darauf hin, dass die Koeffizienten zur Neigung und zu den Amplituden der arbiträren Libration in den Willkürgleichungen, die man bei der Bestimmung der Rotationselemente erhält, einander nahe proportionell sind, weshalb man sie schwerlich von einander trennen kann.

Die Beobachtungen von SCHLÜTER wurden von FRANZ im 38. Band der »Königsberger Beobachtungen« bearbeitet.

Unter den Astronomen, die die Rotationselemente des Mondes zu bestimmen gesucht, haben ist auch HARTWIG zu erwähnen¹, der Heliometerbeobachtungen und Rechnungen nach WICHMANN'S Methode ausgeführt hat. Seine Beobachtungen wurden später aufs neue von FRANZ in den »Astronomischen Nachrichten« Nr. 2761 bearbeitet. Weiter hat PRITCHARD² Bestimmungen auf photographische Weise gemacht.

Sehr vollständige Untersuchungen über diesen Gegenstand sind indessen von HAYN in drei Abhandlungen mit dem Titel »Selenographische Koordinaten« veröffentlicht worden³. In der ersten Abhandlung hat er eine theoretische Berechnung der EULER'schen Winkel für den Mond angestellt und versucht dabei alle Glieder zu berücksichtigen, die eine selenozentrische Amplitude von mehr als 2'' haben. Bei dieser Berechnung, in welcher er sich der von LAPLACE gegebenen Methode bedient und welche die genaueste Berechnung der Mondlibration darstellt, die bis jetzt ausgeführt worden ist, weist er einige vorher vernachlässigte Grössen auf, die eine gewisse Rolle spielen. Für die Koordinaten des Mondes verwendet er die von HANSEN gegebenen Ausdrücke. Die direkte Einwirkung der Sonne auf die Rotation wird auch untersucht und er findet, dass man sie ausser Acht lassen kann.

In der zweiten Abhandlung publiziert er Beobachtungen, die von ihm in den Jahren 1898—1901 in Leipzig ausgeführt worden sind. Er bestimmt die Lage von Mösting A und von vier anderen Mondflecken in der Nähe des Mondrands und macht dann Bestimmungen der Rektaszensions- und Deklinationsdifferenzen zwischen Mösting A und den anderen Punkten wie auch zwischen jenen und dem Mondrand. Aus dem von FRANZ gefundenen Werte der Neigung des Mondäquators und aus angenäherten Werten der selenozentrischen Koordinaten der fünf Punkte berechnet er dann die Rektaszensions- und Deklinationsdifferenzen zwischen diesen fünf Punkten untereinander, dabei von der physischen Libration abstrahierend. Aus dem Unterschied zwischen der gefundenen und der so berechneten Lage erhält er mittelst Differentialformeln Verbesserungen der Werte der genäherten Grössen, die er benutzt, und ähnlich wie WICHMANN und FRANZ hat er dadurch, dass er die

¹ Strassburger Inaugural-Dissertation 1881.

² Monthly Notice Bd 41.

³ Abhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig Bd. 27, 29, 30.

physische Libration als Differentiale der EULER'schen Winkel betrachtet, eine Möglichkeit, die Librationskonstanten zu bestimmen.

Seine Behandlungsweise weicht von der WICHMANN'S und FRANZ' darin ab, dass er in die Bedingungsgleichungen eine Korrektur des Mondradius der fünf Punkte eingehen lässt. Er findet dabei, dass z. B. Mösting A zwei bis drei Bogensekunden weiter vom Mondzentrum liegt, als der aus den Sternbedeckungen erhaltene Wert des Mondradius zeigt. Durch diese Behandlungsweise erhielt er einen Wert der Verhältnisse der Trägheitsmomente für die im Äquator liegenden Hauptachsen, der von dem der früheren Forscher bedeutend abweicht¹. Er bemerkt, dass man zu genaueren Werten kommen würde, wenn man im Stande wäre, die wichtigsten systematischen Fehler zu eliminieren, besonders diejenigen, die auf Grund der Abweichung des Mondrands von der Kreisform entstehen. In der dritten Abhandlung diskutiert er HARTWIG'S Beobachtungen und die Einflüsse der Randfehler, für welche er eine Korrekturstabelle gibt. Als Schlussresultat erhält er für die Neigung den Betrag $1^{\circ} 32' 6''$.

Der Wert der Neigung scheint ziemlich genau zu sein, und wenn auch die Werte der Verhältnisse der Trägheitsmomente von den früher gefundenen sehr abweichen und schwer zu bestimmen sind, betrachtet er sie als ziemlich sicher, da sie mit denen von HANSEN aus der Perihel- und Knotenbewegung übereinstimmen, obwohl dies Resultat HANSEN'S bestritten worden ist.

Um den Widerspruch zwischen den Berechnungen von FRANZ und HAYN auszugleichen, hat STRATTON² eine Neureduktion der SCHLÜTER'schen Beobachtungen unternommen, in der er die von FRANZ vernachlässigte Korrektur des Mondradius mit in Betracht gezogen hat. Das Ergebnis bestätigt aber eher die Werte von FRANZ als die von HAYN, wogegen MICHAŁOWSKI³ Werte der fraglichen Grössen, die am nächsten mit denen von HAYN zusammenfallen, angibt.

Die letzte Untersuchung über diesen Gegenstand, die von PUISEUX ausgeführt worden ist, weicht aber sehr von dieser früheren ab. Aus 40 photographischen Aufnahmen, die in einem Zeitraum von fünfzehn Jahren gemacht worden sind, sucht er die physische Libration zu ermitteln. In »Comptes rendus de l'acad. d. sc.», tome 163 s. 341, gibt er ein Résumé des ganz unerwarteten Resultates. Für den Koeffizienten der grössten Ungleichheit in Longitud, jenen mit der Sonnenlänge als Argument, erhält er den Wert $19', 10$, während HAYN einen etwa zwanzig Mal kleineren Wert hat. Eine viel grössere Abplattung des Mondäquators als die früher gefundene würde sich hieraus ergeben.

Ausserdem treten einige andere nicht vorher aus der Theorie hervorgehobene Schwankungen sowohl in Longitud wie in Latitud auf. Es scheint ihm daher, als ob die Annahme, dass der Mond wie ein fester Körper rotiere, nicht genüge, um die Ungleichheiten in der Drehung zu erklären, sondern dass man die mög-

¹ Siehe S. 35.

² Mem. of the Royal astr. society vol. 59. Part 4.

³ Kasan Mitt. 17.

lichen Variationen seiner Form berücksichtigen müsse, welche in der physischen Libration Glieder bewirken, die mit den von einem festen Mondkörper herrührenden Gliedern vergleichbar sind. Er betrachtet es als wahrscheinlich, dass eine innere Flüssigkeit im Mond Geseitenwirkungen auf Grund der Attraktion der Erde unterliege und dadurch zu Ungleichheiten in der Drehung Anlass gebe.

Die Resultate von PUISEUX weichen indessen so viel von denen der früheren Forscher über denselben Gegenstand ab, dass man wohl Ursache hat, sie mit einer gewissen Vorsicht aufzunehmen, obwohl für ihre Zuverlässigkeit ja der Umstand spricht, dass seine Beobachtungen sich über einen viel grösseren Zeitraum erstrecken als die von HAYN und SCHLÜTER und von gewissen aus den Unebenheiten der Mondfläche herrührenden Fehlern nicht beeinflusst sein sollen.

Im folgenden gebe ich eine Zusammenstellung über die aus den Berechnungen verschiedener Forscher hervorgehenden Werte für die Koeffizienten der jährlichen Ungleichheit in der Libration in Longitud, die ja das grösste Glied ist.

| | |
|---------------------------|------------|
| NICOLLET | 4' 49'', 7 |
| KREIL und STAMBUCHI | 5' 42'', 6 |
| HARTWIG | 3' 27'' |
| PRITCHARD | 5' 30'' |
| FRANZ | 2' 13'', 3 |
| HAYN | 59'' |
| STRATTON | 2' 9'' |
| PUISEUX | 19' 6'' |

Es scheint also, als ob die Aufgabe, aus Beobachtungen die physische Libration des Mondes zu bestimmen, ihre endgültige Behandlung noch nicht erhalten hätte sondern man kann vielmehr immer noch mit HANSEN behaupten, dass in dem fraglichen Problem etwas Verborgenes zu liegen scheint. Es dürfte für künftige Forscher ein reiches Feld sein, die vielen von der Theorie angedeuteten kleinen Schwankungen mit genaueren Beobachtungsmethoden zu entdecken zu suchen.

5. Der von LAPLACE gegebenen Behandlung der Theorie der Mondrotation folgen im grossen und ganzen WICHMANN, FRANZ und HAYN, wobei sie von den EULER'schen Gleichungen für die Drehung eines festen Körpers um einen fixen Punkt ausgehen und durch Approximation diese integrieren.

Man kann indessen dem Rotationsproblem eine mit dem Dreikörperproblem analoge Behandlung zuteil werden lassen, indem man die Methode der Variation der Konstanten einführt, was schon POISSON 1808 nachwies. JACOBI bemerkte auch, dass die Gleichungen für die Rotation in kanonischer Form dargestellt werden können. Es ist deutlich, dass es ein grosser Vorteil wäre, diese beiden Grundprobleme der himmlischen Mechanik in analoger Weise behandeln und beim Rotationsproblem Nutzen aus den vielen tiefgehenden Untersuchungen über das Dreikörperproblem ziehen zu können. In den »Meddelanden från Lunds observatorium» hat

CHARLIER gezeigt, wie man in geeigneter Weise gewisse dabei auftretende Schwierigkeiten vermeidet. Als »intermediäre Bahn« wird die Rotation eines festen kugelförmigen Körpers betrachtet. Die bei der Integration derselben auftretenden sechs Integrationskonstanten werden dann als Veränderliche angewandt und die Abweichungen von der Kugelform und die äusseren Kräfte werden dabei berücksichtigt. Zusammen mit ZINNER hat er die in der Rotationstheorie auftretende Störungsfunktion in geeignete Veränderliche entwickelt.

In »Meddelande Nr. 32« hat er gezeigt, dass gewisse partikuläre Integrale zum planetarischen Rotationsproblem existieren, welche bei einer Untersuchung der Rotation des Mondes zweckmässig als Ausgangslösungen zu benutzen sind. Durch das Aufstellen der diesen partikulären Lösungen entsprechenden Variationsgleichungen erhält man eine grosse Übersichtlichkeit bei der Behandlung des Problems, die den früheren Methoden fehlt. Zwar erhält man in beiden Fällen Differentialgleichungen derselben Form und man muss sich mit einem annähernden Integrationsverfahren begnügen, aber das Einführen der Störungsfunktion ermöglicht in leichter Weise, die Einwirkung vernachlässigter Grössen zu beurteilen. Man kann auch mit Hilfe dieser Methode zu gewissen Gemeintheoremen über die Stabilitätsverhältnisse kommen, was sich aus dem folgenden ergeben wird.

In der vorliegenden Arbeit habe ich mittels dieser Methode die Drehung des Mondes unter Annahme eines festen Mondkörpers im Einzelnen untersucht und die Behandlung rechnerisch durchgeführt. Einige neue Glieder von merkbarem Einfluss habe ich dabei nicht gefunden, sondern meine Rechnungen haben in der Hauptsache zu denselben Resultaten wie die von HAYN geführt.

Obgleich das fragliche Problem also schon eine numerisch erschöpfende Behandlung erhalten hat, ist es ja doch wohl interessant, mit dieser Methode die Ungleichheiten in der Drehungsbewegung wiederzufinden und zu kontrollieren und sie mehr vom störungstheoretischen Gesichtspunkte aus zu betrachten.

Im letzten Kapitel habe ich dann die charakteristische Funktion aufgeschrieben, die bei der Behandlung der Rotation eines Körpers von veränderlicher Form nach dieser Methode auftritt.

II.

Herleitung der Differentialgleichungen für die Rotation des Mondes.

6. Bei der Aufstellung der Bewegungsgleichungen für die Drehung eines Himmelskörpers um seinen Schwerpunkt in kanonischer Form ist CHARLIER¹ folgenderweise zu Werke gegangen.

Man hat ein im Raume festes Koordinatensystem und ein anderes, das im Körper fest liegt und dessen Achsen wir mit den Hauptachsen des Körpers zusammenfallen lassen. Der Anfangspunkt der beiden Achsensysteme ist der Schwerpunkt des Körpers und die Koordinaten eines Massenelements in Bezug auf die im Raume festliegenden Achsen nennen wir X, Y, Z , und mit Beziehung auf das mit dem Körper festverbundene System bezeichnen wir die Koordinaten mit x, y, z . Die Trägheitsmomente des Körpers um diese Achsen nennen wir bez. A, B und C . Die Lage der beiden Systeme zu einander ist von den EULER'schen Winkeln θ, ϕ und φ bestimmt und ihre Definition ist die folgende, wie aus untenstehender Figur erhellt.

θ die Neigung der xy -Ebene gegen die XY -Ebene,

ϕ die Länge des absteigenden Knotens der xy -Ebene mit umgestauschtem Zeichen,

φ der Winkel zwischen der positiven x -Achse und demselben Knoten der xy -Ebene.

Man hat, wenn die Rotationskomponenten um die Hauptachsen ω_1, ω_2 , und ω_3 genannt werden,

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \sin \varphi \sin \theta \frac{d\phi}{dt} - \cos \varphi \frac{d\theta}{dt} \\ \omega_2 &= \cos \varphi \sin \theta \frac{d\phi}{dt} + \sin \varphi \frac{d\theta}{dt} \\ \omega_3 &= - \cos \theta \frac{d\phi}{dt} + \frac{d\varphi}{dt} \end{aligned} \quad (1)$$

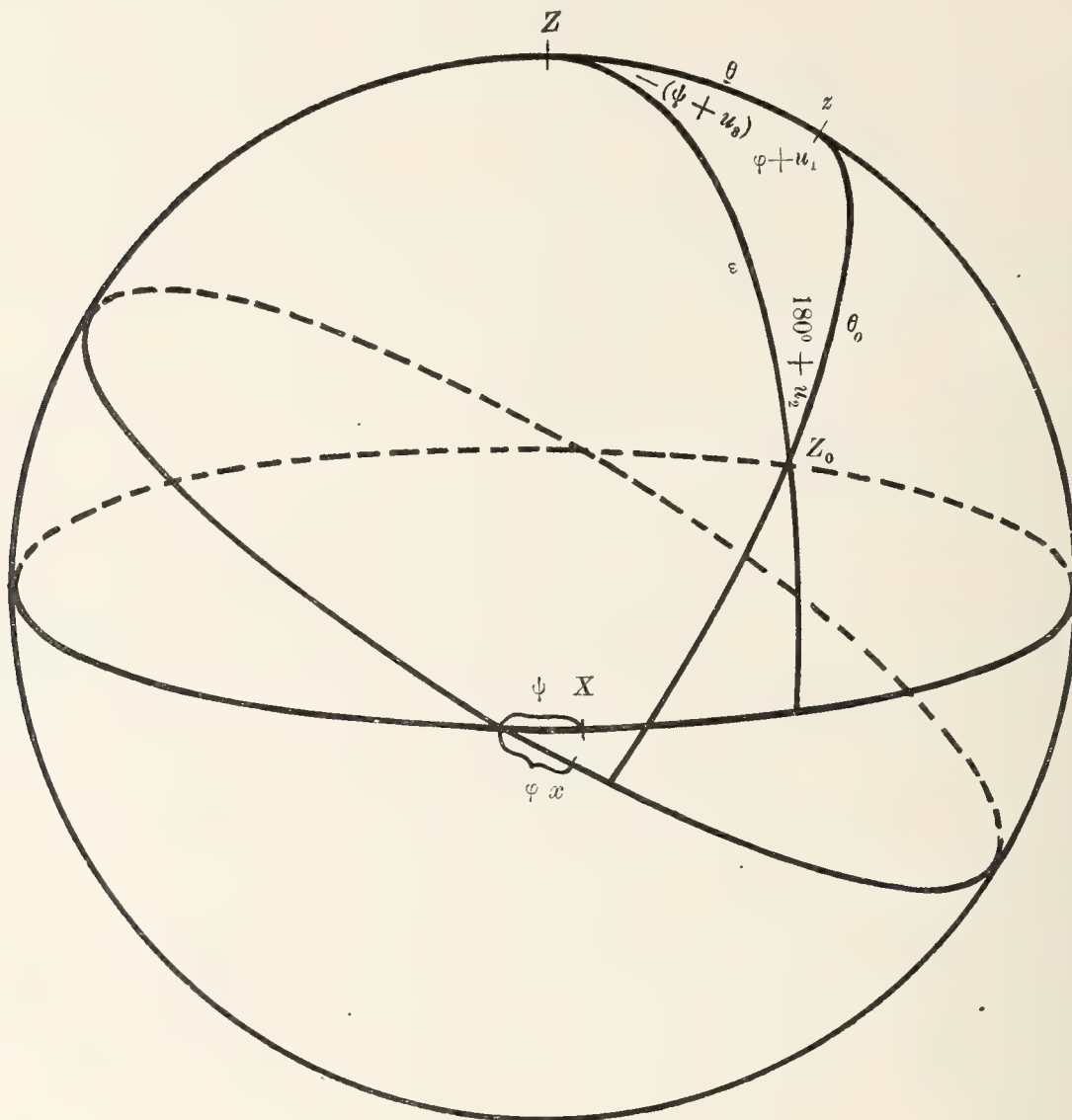
¹ Vgl. Meddelande från Lunds Observatorium N:r 31.

und für die lebendige Kraft des rotierenden Körpers hat man den Ausdruck

$$T = \frac{1}{2} A \omega_1^2 + \frac{1}{2} B \omega_2^2 + \frac{1}{2} C \omega_3^2.$$

Wir nehmen nun die EULER'schen Winkel als q -Koordinaten, dadurch dass wir

$$q_1 = \varphi, \quad q_2 = \theta, \quad q_3 = \psi$$



setzen, und drücken die lebendige Kraft in diesen Grössen und in p_i aus, wenn

$$p_i = \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}, \quad (i = 1, 2, 3)$$

Wenn

$$k_1 = \frac{C - A}{A}$$

$$k_2 = \frac{C - B}{B}$$

gesetzt wird und

$$T = T_0 + k_1 T_1 + k_2 T_2,$$

so ist

$$2CT_0 = \frac{p_1^2 + p_3^2 + 2p_1p_3 \cos \theta}{\sin^2 \theta} + p_2^2$$

$$2CT_1 = \left[(p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\sin \varphi}{\sin \theta} - p_2 \cos \varphi \right]^2$$

$$2CT_2 = \left[(p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\cos \varphi}{\sin \theta} + p_2 \sin \varphi \right]^2.$$

Für die Potentialfunktion U hat man, wenn nur ein störender Körper vorhanden ist, folgenden Ausdruck

$$U = \frac{3\mu}{2r^3} \left[Ak_1 \cos^2 \alpha + Bk_2 \cos^2 \beta \right],$$

in dem α und β die Winkel sind, die der Radius Vektor des störenden Körpers, der mit r bezeichnet wird, mit den Hauptachsen A und B bildet, und μ seine Masse.

Wenn wir die Funktion

$$H = T - U$$

eingeführen und diese in den Grössen p_i und q_i ausgedrückt wird, so sind die Differentialgleichungen für die Bewegung um den Schwerpunkt

$$(2) \quad \frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}; \quad \frac{dp_i}{dt} = - \frac{\partial H}{\partial q_i}; \quad (i = 1, 2, 3).$$

7. Um die in diesen Gleichungen definierte Bewegung zu untersuchen, gehen wir in derselben Weise ans Werk wie im Dreikörperproblem, indem wir in H von gewissen Gliedern absehen und die Gleichungen unter dieser Vereinfachung integrieren, wobei wir die der intermediären Bahn im Dreikörperproblem entsprechende Bewegungsform erhalten. Wenn man als solche die Rotation eines kugelförmigen Körpers betrachtet, wobei

$$k_1 = k_2 = 0$$

und U also verschwindet, ergibt sich

$$H = \frac{p_1^2 + p_3^2 + 2p_1p_3 \cos \theta}{2C \sin^2 \theta} + \frac{p_2^2}{2C}.$$

Mit diesem Ausdruck der charakteristischen Funktion hat CHARLIER die Gleichungen (2) integriert und die mechanische Bedeutung der dabei auftretenden Integrationskonstanten in ausführlicher Weise dargelegt, wobei er gefunden hat, dass

$$q_1 = \varphi = \beta_1 + \int \frac{(\alpha_1 + \alpha_3 \cos \theta) d\theta}{\sin \theta \sqrt{\alpha_2^2 - \alpha_1^2 - \alpha_3^2 - 2\alpha_1\alpha_3 \cos \theta - \alpha_2^2 \cos^2 \theta}}$$

$$q_3 = \psi = \beta_3 = \int \frac{(\alpha_1 + \alpha_1 \cos \theta) d\theta}{\sin \theta \sqrt{\alpha_2^2 - \alpha_1^2 - \alpha_3^2 - 2\alpha_1\alpha_3 \cos \theta - \alpha_2^2 \cos^2 \theta}}$$

und θ als Funktion der Zeit aus

$$\int \frac{\alpha_2 \sin \theta d\theta}{V \alpha_2^2 - \alpha_1^2 - \alpha_3^2 - 2\alpha_1\alpha_3 \cos \theta - \alpha_2^2 \cos^2 \theta} = \frac{\alpha_1}{C} t + \beta_2,$$

wo $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3; \beta_1, \beta_2$ und β Integrationskonstanten sind. Man kann

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \cos \theta_0 \text{ und } \frac{\alpha_3}{\alpha_2} = -\cos \varepsilon$$

setzen, wo θ_0 und ε reelle Winkel sind, und wenn

$$\begin{aligned} u_1 &= -\beta_1 \\ u_2 &= -\left(\frac{\alpha_2}{C} t + \beta_2\right) \\ u_3 &= -\beta_3, \end{aligned}$$

so erhält man folgende Ausdrücke der EULER'schen Winkel als Funktionen der Zeit.

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \cos \theta_0 \cos \varepsilon - \sin \theta_0 \sin \varepsilon \cos u_2 \\ \psi + u_1 &= -\int \frac{\alpha_1 + \alpha_3 \cos \theta}{\sin^2 \theta} du_2 \\ \psi + u_2 &= -\int \frac{\alpha_3 + \alpha_1 \cos \theta}{\sin^2 \theta} du_2. \end{aligned}$$

Um die geometrische Bedeutung der Konstanten anschaulich zu machen, wird die sogenannte Zentralachse der Rotation eingeführt, die mit der Z -Achse und der z -achse die Winkel ε und θ_0 bildet. In der Figur ist sie mit $O Z_0$ bezeichnet. Die geometrische Bedeutung von u_1, u_2 und u_3 geht aus den Bezeichnungen der Winkel in dem von den Schnidepunkten der Z -, z - und Zentralachse mit der Einheitssphäre gebildeten Dreieck hervor.

Diese sechs Integrationskonstanten entsprechen deutlich im Dreikörperproblem den DELANNAY'schen Elementen einer Planetenbahn.

Die Grössen $\alpha_1, u_1, \alpha_3, u_1$ bestimmen die Lage der Zentralachse im Körper und im Raume, während $-\frac{\alpha_2}{C}$ die Rotationsgeschwindigkeit des Körpers um die Zentralachse repräsentiert. In dem hier durchgeführten Falle der Drehung einer festen Kugel nimmt die Zentralachse eine unveränderliche Lage im Körper wie im Raume ein, da u_1, u_3, ε und θ_0 Konstanten sind.

Wenn $\varepsilon > \theta_0$, wie im Mondproblem das Verhältnis ist, kann man die folgenden Reihenentwickelungen für φ und ψ erhalten, worin der Akzent andeutet, dass das $s=0$ entsprechende Glied ausgeschlossen werden soll.

$$\varphi + u_1 = -u_2 + \sum^1 (-1)^{s+1} \frac{1}{s} \kappa_1^s \sin s u_2 + \sum^1 (-1)^{s+1} \frac{1}{s} \kappa_2^s \sin s u_2$$

$$\psi + u_3 = -\sum^1 (-1)^{s+1} \frac{1}{s} \kappa_1^s \sin s u_2 + \sum^1 (-1)^s \frac{1}{s} \kappa_2^s \sin s u_2,$$

wo

$$\kappa_1 = \frac{1 - \nu_1}{1 + \nu_1}, \quad \kappa_2 = \frac{1 - \nu_2}{1 + \nu_2}$$

und

$$\nu_1 = \frac{\cos \frac{1}{2}(\varepsilon - \theta_0)}{\cos \frac{1}{2}(\varepsilon + \theta_0)}, \quad \nu_2 = \frac{\sin \frac{1}{2}(\varepsilon - \theta_0)}{\sin \frac{1}{2}(\varepsilon + \theta_0)}.$$

Wird nur die erste Potenz von θ_0 berücksichtigt, was im Mondproblem erlaubt ist, da θ_0 sehr klein ist, so folgen die genäherten Formeln

$$(3) \quad \begin{aligned} \varphi &= -u_1 - u_2 + \frac{\theta_0 \sin u_2}{\operatorname{tg} \varepsilon} \\ \psi &= -u_3 + \frac{\theta_0 \sin u_2}{\sin \varepsilon} \\ \theta &= \varepsilon + \theta_0 \cos u_2. \end{aligned}$$

Nachdem nun die Integration der »intermediären Bahn« in der hier skizzierten Weise durchgeführt ist, kann man die Bewegungsgleichungen eines beliebigen festen Körpers aufstellen und dabei auch den Einfluss der störenden Kräfte berücksichtigen, indem man die charakteristische Funktion in α_i und u_i ausdrückt anstatt in p_i und q_i ; und dann sind Differentialgleichungen der Bewegung

$$\frac{d\alpha_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial u_i}, \quad \frac{du_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \alpha_i} \quad (i = 1, 2, 3).$$

8. Es empfiehlt sich indessen, wie es sich bei der Entwicklung der Störungsfunktion ergibt, ein paar Variabelvertauschungen auszuführen, indem wir zunächst

$$\begin{aligned} \xi_1 &= \alpha_2 & \eta_1 &= u_1 + u_2 - u_3 + \lambda \\ \xi_2 &= \alpha_2 - \alpha_1 = \alpha_2(1 - \cos \theta_0) & \eta_2 &= -u_1 \\ \xi_3 &= \alpha_2 + \alpha_3 = \alpha_2(1 + \cos \varepsilon) & \eta_3 &= u_3 - \lambda, \end{aligned}$$

setzen wo λ die Länge des störenden Körpers in Bezug auf das feste System bedeutet.

Damit diese neuen Veränderlichen kanonisch seien, muss man die Grösse $\alpha_3 \frac{d\lambda}{dt}$ zur charakteristischen Funktion addieren¹. Im Mondproblem, wo die Winkel ε und θ_0 klein sind, ist es aus denselben Gründen, die das Einführen der POINCARÉ'schen Veränderlichen in die planetarische Störungstheorie veranlassen, vorteilhaft, durch die folgenden Gleichungen ξ_2 , η_2 , ξ_3 und η_3 gegen u , v , p und q auszutauschen, welche neue Veränderlichen auch kanonisch sind

$$\begin{aligned} u &= \sqrt{2\xi_2} \cos \eta_2, & p &= \sqrt{2\xi_3} \cos \eta_3 \\ v &= \sqrt{2\xi_2} \sin \eta_2, & q &= \sqrt{2\xi_3} \sin \eta_3. \end{aligned}$$

¹ Siehe Meddelande Nr 33.

In diesen Grössen haben CHARLIER und ZINNER¹ die Ausdrücke für $\cos^2 \alpha$ und $\cos^2 \beta$ als Potenzreihen in u , v , p und q mit den Koeffizienten als Funktionen von ξ_1 und η_1 und den Koordinaten des störenden Körpers gegeben.

Bei der Anwendung dieser Variabeln, um die Rotationsverhältnisse des Mondes zu untersuchen, ist es vorteilhaft, noch einen Variabelumtausch auszuführen, der die Integration in wesentlichem Grad erleichtert, indem p und q gegen andere Veränderliche ausgetauscht werden.

In H geht das Glied

$$\frac{1}{2} (p^2 + q^2) \frac{d\lambda}{dt}$$

ein. Für λ hat man einen Ausdruck der Form

$$nt + c_0 + \sum A_i \sin(\alpha_i nt + c_i)$$

wo n die mittlere Bewegung des Mondes repräsentiert, und also, wenn die periodischen Glieder in λ mit λ_1 bezeichnet werden,

$$\frac{d\lambda}{dt} = n + \frac{d\lambda_1}{dt}.$$

Die periodischen Glieder dieses Ausdrucks erschweren die Integration sehr, weshalb wir sie aus H fortschaffen wollen.

Um diesen Zweck zu erzielen, setzen wir

$$(4) \quad \begin{aligned} p' &= p \cos \lambda_1 - q \sin \lambda_1 = \sqrt{2\xi_3} \cos(\eta_3 + \lambda_1) \\ q' &= p \sin \lambda_1 + q \cos \lambda_1 = \sqrt{2\xi_3} \sin(\eta_3 + \lambda_1). \end{aligned}$$

Aus einer einfachen Rechnung ergibt sich, dass die Differentialquotienten dieser Grössen nach der Zeit durch folgende Ausdrücke gegeben sind

$$\begin{aligned} \frac{dp'}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial q'} - q' \frac{d\lambda_1}{dt} \\ \frac{dq'}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial p'} + p' \frac{d\lambda_1}{dt} \end{aligned}$$

Es erhellt hieraus, dass, wenn wir die charakteristische Funktion F einführen und

$$F = H - \frac{1}{2} (p'^2 + q'^2) \frac{d\lambda_1}{dt}$$

schreiben, p' und q' kanonische Veränderliche sind.

¹ Siehe Meddelande N:r 33.

Unsere Bewegungsgleichungen sind also

$$\begin{aligned}
 5) \quad & \frac{d\xi_1}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \eta_1}, \quad \frac{d\eta_1}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial \xi_1} \\
 & \frac{du}{dt} = \frac{\partial F}{\partial v}, \quad \frac{dv}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial u} \\
 & \frac{dp'}{dt} = \frac{\partial F}{\partial q'}, \quad \frac{dq'}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial p'}.
 \end{aligned}$$

Und hier ist

$$F = T - U - \xi_1 \frac{d\lambda}{dt} + \frac{1}{2} (p'^2 + q'^2) n,$$

wo

$$T = \frac{\xi_1^2}{2C} + \frac{k_1}{2C} \left[\xi_1 - \frac{1}{4} (u^2 + v^2) \right] v^2 + \frac{k_2}{2C} \left[\xi_1 - \frac{1}{4} (u^2 + v^2) \right] u^2$$

und

$$U = \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} \left[k_1 A \cos^2 \alpha + k_2 B \cos^2 \beta \right].$$

9. Wenn man den Fall betrachtet, dass der störende Körper sich in einer Ebene in einem Kreis um den rotierenden Körper bewegt, so existieren zu den Gleichungen (5) die partikulären Integrale¹.

$$u = v = p' = q' = 0$$

und

$$\eta_1 = 0 \text{ oder } \pm 90^\circ.$$

Die mechanische Bedeutung dieser Lösungen ist, dass man mit gebundener Rotation zu tun hat, und die Drehung geschieht um die Achse der Trägheitsmomente C , wobei entweder die kleinste oder die mittlere Trägheitsachse gegen den störenden Körper gerichtet ist. Die letzte dieser Bewegungsformen ist unstabil, während die dem

$$\eta_1 = 0$$

entsprechende Drehung stabil ist.

Von diesen unter den gemachten Voraussetzungen existierenden Integralen zum System (5) wollen wir ausgehen, um die Mondrotation zu behandeln, und dabei von der direkten Einwirkung der Sonne absehen, die ja sehr unbedeutend ist.

In der Störungsfunktion setzen wir also

$$\xi_1 = Cn + \xi, \quad \eta_1 = \eta$$

und um p' und q' anstatt p und q einzuführen, setzen wir laut (4)

$$\begin{aligned}
 p &= p' \cos \lambda_1 + q' \sin \lambda_1 \\
 q &= -p' \sin \lambda_1 + q' \cos \lambda_1.
 \end{aligned}$$

¹ Siehe Meddelande Nr 32.

Wir erhalten dann, wenn wir in die von CHARLIER und ZINNER gegebene Entwicklung des Potentials obenstehende Ausdrücke für p und q einsetzen und der Übersichtlichkeit halber

$$F = F_0 + F_1 + F_2 + \dots$$

schreiben, wo F_i eine homogene Funktion des Grades in den Variablen ξ , η , u , v , p' und q' bezeichnet

$$\begin{aligned} F_0 &= \frac{1}{2} Cn^2 - Cn \frac{d\lambda}{dt} - \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} k_1 A \cos^2 b \\ F_1 &= n\xi - \xi \frac{d\lambda}{dt} + \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} \sin 2b \frac{k_1 A}{\sqrt{Cn}} (p' \sin \lambda_1 - q' \cos \lambda_1 + v) \\ F_2 &= \frac{\xi^2}{2C} + \frac{1}{2} k_1 n v^2 + \frac{1}{2} k_2 n u^2 + \frac{n}{2} (p'^2 + q'^2) + \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} \frac{k_1 A}{Cn} \left[Cn \eta^2 \cos^2 b + \right. \\ &\quad \left. + \cos 2b (v^2 + p'^2 \sin^2 \lambda_1 + q'^2 \cos^2 \lambda_1 - p' q' \sin 2\lambda_1 + 2p' v \sin \lambda_1 - 2p' v \cos \lambda_1) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{\sin 2b}{2\sqrt{Cn}} (v\xi + p'\xi \sin \lambda_1 - q'\xi \cos \lambda_1 + 2Cnp'\eta \cos \lambda_1 + 2Cnq'\eta \sin \lambda_1) \right] - \\ &\quad - \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} \frac{k_2 B}{Cn} \left[Cn \eta^2 \cos^2 b + \sin^2 b (p'^2 \cos^2 \lambda_1 + q'^2 \sin^2 \lambda_1 + p' q' \sin 2\lambda_1 + u^2 + \right. \\ &\quad \left. + 2p' u \cos \lambda_1 + 2q' u \sin \lambda_1 - \sqrt{Cn} \sin 2b (p'\eta \cos \lambda_1 + q'\eta \sin \lambda_1 + \eta u) \right], \end{aligned}$$

wo b die Breite des störenden Körpers über die XY -Ebene bedeutet.

Werden nur diese beiden niedrigsten Potenzen der Variablen mitgenommen, erhalten unsere zu betrachtenden Bewegungsgleichungen die Form des unten angeführten Systems.

$$\begin{aligned} (6) \quad & \frac{d\xi}{dt} + a_{11}\xi + a_{12}\eta + a_{13}u + a_{14}v + a_{15}p' + a_{16}q' = l_1 \\ & \frac{d\eta}{dt} + a_{21}\xi + a_{22}\eta + a_{23}u + a_{24}v + a_{25}p' + a_{26}q' = l_2 \\ & \frac{du}{dt} + a_{31}\xi + a_{32}\eta + a_{33}u + a_{34}v + a_{35}p' + a_{36}q' = l_3 \\ & \frac{dv}{dt} + a_{41}\xi + a_{42}\eta + a_{43}u + a_{44}v + a_{45}p' + a_{46}q' = l_4 \\ & \frac{dp'}{dt} + a_{51}\xi + a_{52}\eta + a_{53}u + a_{54}v + a_{55}p' + a_{56}q' = l_5 \\ & \frac{dq'}{dt} + a_{61}\xi + a_{62}\eta + a_{63}u + a_{64}v + a_{65}p' + a_{66}q' = l_6 \end{aligned}$$

Die Koeffizienten a_{ij} und die Grössen l_i sind aus der Mondtheorie bekannte Funktionen der Zeit. Wenn wir die Bezeichnungen

$$\nu_1^2 = \frac{3\mu}{a^3} k_1 \quad \nu_2^2 = \frac{3\mu}{a^3} k_2 \quad \nu_3^2 = \frac{3\mu}{a^3} \cdot \frac{B-A}{C}$$

einführen, wo a die halbe Grossachse der Mondbahn bedeutet, bekommen wir die folgenden Ausdrücke für die a_{ij}

$$a_{11} = 0$$

$$a_{12} = -C\nu_3^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b$$

$$a_{13} = -\frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b$$

$$a_{21} = \frac{1}{C}$$

$$a_{22} = 0$$

$$a_{23} = 0$$

$$a_{24} = -\frac{A}{4(Cn)^{3/2}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b$$

$$a_{31} = \frac{A}{4(Cn)^{3/2}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b$$

$$a_{32} = 0$$

$$a_{33} = 0$$

$$a_{34} = -k_1 n - \frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b$$

$$a_{41} = 0$$

$$a_{42} = \frac{B}{2\sqrt{Cn}} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b$$

$$a_{43} = k_2 n - \frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b$$

$$a_{51} = -\frac{A}{4(Cn)^{3/2}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \cos \lambda_1 \quad a_{52} = \frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \sin \lambda_1$$

$$a_{52} = \frac{C}{2\sqrt{Cn}} \nu_3^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \sin \lambda_1 \quad a_{54} = \frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \cos \lambda_1$$

$$a_{55} = \frac{A}{2Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \sin 2\lambda_1 + \frac{B}{2Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \sin 2\lambda_1$$

$$a_{56} = -n - \frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \cos^2 \lambda_1 + \frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \sin^2 \lambda_1$$

$$a_{14} = 0$$

$$a_{15} = \frac{C\nu_3^2}{2\sqrt{Cn}} \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \cos \lambda_1$$

$$a_{16} = \frac{C\nu_3^2}{2\sqrt{Cn}} \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \sin \lambda_1$$

$$a_{25} = -\frac{A}{4(Cn)^{3/2}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \sin \lambda_1$$

$$a_{26} = \frac{A}{4(Cn)^{3/2}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \cos \lambda_1$$

$$a_{35} = -\frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \sin \lambda_1$$

$$a_{36} = \frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \cos \lambda_1$$

$$a_{44} = 0$$

$$a_{45} = -\frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \cos \lambda_1$$

$$a_{46} = -\frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \sin \lambda_1$$

$$\begin{aligned}
a_{61} &= -\frac{3A}{4(Cn)^{3/2}} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \sin \lambda_1 & a_{63} &= -\frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \cos \lambda_1 \\
a_{62} &= -\frac{C}{2\sqrt{Cn}} \nu_3^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \cos \lambda_1 & a_{64} &= \frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \sin \lambda_1 \\
a_{65} &= n + \frac{A}{Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \sin^2 \lambda_1 - \frac{B}{Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \cos^2 \lambda_1 \\
a_{66} &= -\frac{A}{2Cn} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos 2b \sin 2\lambda_1 - \frac{B}{2Cn} \nu_2^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin^2 b \sin 2\lambda_1
\end{aligned}$$

Die rechte Seite in den Gleichungen (6) wird

$$\begin{aligned}
l_1 &= 0 & l_4 &= 0 \\
l_2 &= \frac{d\lambda_1}{dt} & l_5 &= -\frac{A}{2\sqrt{Cn}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \cos \lambda_1 \\
l_3 &= \frac{A}{2\sqrt{Cn}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b & l_6 &= -\frac{A}{2\sqrt{Cn}} \nu_1^2 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \sin 2b \sin \lambda_1
\end{aligned}$$

Diese linearen Differentialgleichungen (6) werden wir unserer Diskussion über die Drehung des Mondes zu Grunde legen. Bei ihrer numerischen Anwendung werden wir einige Glieder der dritten Ordnung in der Störungsfunktion berücksichtigen, doch ohne die lineare Form der Gleichungen zu verändern.

III.

Über Stabilitätsverhältnisse bei gebundener Rotation.

10. Bei diesen Betrachtungen des Rotationsproblems des Mondes sind wir also, indem wir die zu gewissen partikulären Integralen der Bewegungsgleichungen gehörenden Variationsgleichungen aufgestellt haben, zu einem System linearer Differentialgleichungen gekommen, welches homogen wird, wenn wir noch immer an der Annahme festhalten, dass der Mond sich in einem ebenen Kreis bewege, und die Mondbahn zur XY -Ebene genommen wird. In diesem Falle werden die Koeffizienten a_{ij} zu Konstanten reduziert, während sie periodische Funktionen der Zeit werden, wenn der Mond sich in einer KEPLER'schen Ellipse bewegt.

Die Stabilität der Rotation ist von der partikulären Lösung entsprechenden charakteristischen Exponenten abhängig, welche wir berechnen und dabei die Exzentrizität der Mondbahn vernachlässigen wollen, deren Einwirkung auf die Exponenten ja von zweiter Ordnung und also unbedeutend ist. Dann reduzieren sich alle a_{ij} auf Null mit Ausnahme der folgenden, für die wir die nachstehenden Ausdrücke bekommen.

$$\begin{array}{ll} a_{12} = -C\nu_3^2 & a_{43} = k_2 n \\ a_{21} = \frac{1}{C} & a_{54} = \nu_1^2 \frac{A}{Cn} \\ a_{34} = -k_1 n - \nu_1^2 \frac{A}{Cn} & a_{56} = -n - \nu_1^2 \frac{A}{Cn} \\ a_{36} = \nu_1^2 \frac{A}{Cn} & a_{65} = n \end{array}$$

Wenn die Grösse c eingeführt wird durch das Setzen von

$$\nu_1^2 \frac{A}{Cn} = c^2 k_1 n$$

oder, wie es ersichtlich ist, wenn man an den Ausdruck der mittleren Bewegung im Zweikörperproblem denkt

$$c^2 = \frac{3A}{C} \frac{\mu}{\mu + \mu'},$$

worin μ' die Mondmasse bezeichnet, so wird unser Gleichungssystem, dessen charakteristische Exponenten wir berechnen werden,

$$(7) \quad \begin{aligned} \frac{d\xi}{dt} - C\nu_3^2\eta &= 0 \\ \frac{d\eta}{dt} + \frac{1}{C}\xi &= 0 \\ \frac{du}{dt} - (1 + c^2)k_1nv + c^2k_1nq' &= 0 \\ \frac{dv}{dt} + k_2nu &= 0 \\ \frac{dp'}{dt} + c^2k_1nv - (1 + c^2k_1)nq' &= 0 \\ \frac{dq_1}{dt} + np' &= 0 \end{aligned}$$

Die beiden ersten Gleichungen bilden ein System, welches unabhängig von den Übrigen integriert werden kann. Wird in dieses.

$$\xi = e^{at} \quad \text{und} \quad \eta = e^{at}$$

eingesetzt so erhalten wir unmittelbar

$$a^2 = -\nu_3^2.$$

Da stabile Bewegung imaginäre charakteristische Exponenten verlangt, muss

$$B - A > 0,$$

damit die Bewegung stabil sei.

II. Um nun die übrigen Exponenten zu bestimmen, erhalten wir, wenn wir einen davon mit s bezeichnen, die untenstehende Gleichung

$$\begin{vmatrix} s, & -(1 + c^2)k_1, & 0, & c^2k_1 \\ k_2, & s, & 0, & 0 \\ 0, & c^2k_1, & s, & (1 + c^2k_1) \\ 0, & 0, & 1, & s \end{vmatrix} = 0$$

Wird diese Determinante entwickelt und wird

$$\begin{aligned} P &= 1 + c^2k_1 + (1 + c^2)k_1k_2 \\ Q &= (1 + c^2 + c^2k_1)k_1k_2 \end{aligned}$$

gesetzt, erhalten wir die Gleichung

$$s^4 + Ps^2 + Q = 0,$$

aus welcher

$$2s^2 = -P \pm \sqrt{P^2 - 4Q}$$

folgt. Für den Diskriminanten

$$P^2 - 4Q$$

wird der Ausdruck

$$[1 + c^2 k_1 - (1 + c^2) k_1 k_2]^2 + 4c^2 k_1^2 k_2$$

erhalten. Die Wurzeln s^2 sind also reell, vorausgesetzt dass k_2 positiv ist.

Nun ist aber $4c^2 k_1^2 k_2$ eine Quantität, die wegen ihrer Grössenordnung in allen im Planetensystem bekannten Fällen vernachlässigt werden kann. Im Mondproblem sind k_1 und k_2 von der Grössenordnung 0,0005, und also ist die Vernachlässigung berechtigt, besonders da früher versäumte Glieder auf die charakteristischen Exponenten mit Beträgen gleicher Grössenordnung einwirken würden.

Wir erhalten dann folgende Werte von s^2

$$s^2 = \begin{cases} -(1 + c^2 k_1) \\ -(1 + c^2) k_1 k_2, \end{cases}$$

und unsere charakteristischen Exponenten sind

$$\begin{aligned} & \pm \sqrt{-1} \, n \sqrt{1 + c^2 k_1} \\ & \pm \sqrt{-1} \, n \sqrt{(1 + c^2) k_1 k_2}. \end{aligned}$$

12. Wir werden nun sehen, welche Bewegungsformen möglich sind.

Oben haben wir gefunden, dass die Stabilität $B > A$ fordert

Wir unterscheiden drei verschiedene Fälle.

a. k_1 und k_2 haben verschiedene Vorzeichen.

Dann wird der Ausdruck unter den Wurzelzeichen in den beiden letzten Exponenten negativ und die Exponenten selbst reell und die Rotation also *unstabil*. In diesem Falle würde die Hauptachse C die mittlere Trägheitsachse sein, und daher ist gebundene Rotation um diese Achse unmöglich.

b. k_1 und k_2 sind beide positiv.

In diesem Falle werden ja die Exponenten imaginär und die Bewegung daher *stabil*, wenn

$$C > B > A.$$

c. k_1 und k_2 sind beide negativ.

Dann ist $C < A$ und die Voraussetzung der Stabilität

$$1 + c^2 k_1 > 0.$$

oder

$$1 + \frac{3(C - A)}{C} \frac{\mu}{\mu + \mu'} > 0,$$

woraus

$$A > C > \frac{3\mu}{4\mu + \mu'} A.$$

Wir erhalten also das Resultat, dass die der Lösung

$$\xi = Cn, \quad \eta = u = v = p' = q' = 0$$

entsprechende gebundene Rotation um die kleinste Trägheitsachse stattfinden kann mit der mittleren Achse gegen den störenden Körper gerichtet, wenn obenstehende Ungleichheit vorhanden ist.

Es gibt also die beiden Möglichkeiten

$$C > B > A$$

und

$$B > A > C > \frac{3\mu}{4\mu + \mu'} A.$$

Gebundene Rotation muss also entweder um die grösste oder um die kleinste Trägheitsachse stattfinden. Welcher von den beiden Fällen bei der Rotation des Mondes vorhanden ist, geht aus dem dritten Gesetze CASSINI's hervor, was später ersichtlich wird.

13. Betreffs der PUISEUX'schen Resultate können wir eine ganz wichtige Anmerkung machen.

Aus der Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik ist die Quantität k_1 eindeutig bestimmt und hat sich hieraus zu dem annäherenden Wert 0.0006 ergeben. Setzt man

$$k_3 = \frac{B - A}{A},$$

existiert zwischen k_1 , k_2 und k_3 die Verbindung

$$k_1 = k_2 + k_3,$$

wenn Glieder der dritten Ordnung in Bezug auf die als sehr klein zu betrachtenden k -Quantitäten vernachlässigt werden.

Aus den Hauptgliedern in der Libration in Longitud kann man k_3 berechnen, und FRANZ und HAYN haben gefunden, dass diese Grösse die Hälfte bez. ein Viertel von k_1 ausmacht, während PUISEUX in derselben Weise aus seinen Rechnungen

$$k_3 = 0.001178$$

erhalten hat. Mit diesem grossen k_3 -Werte würde k_2 sich negativ ergeben. Dies ist aber in Widerspruch mit den Stabilitätsbedingungen, was entweder die Annahme stützt, dass der Mond nicht wie ein fester Körper rotiert, oder auch gegen die Zuverlässigkeit der PUISEUX'schen Resultate spricht.

Indessen kann gebundene Rotation existieren unter Verhältnissen, die nicht die hier ausgesprochenen Bedingungen der Stabilität erfüllen. In »Meddelande Nr 37» hat CHARLIER die Möglichkeit einer eigentümlichen Rotationsart erwähnt, die in Anbetracht der hier gemachten Voraussetzungen unstabil ist, indem er zeigt, dass gebundene Rotation vorkommen kann gleichzeitig damit, dass der rotierende Körper sich langsam um den Radius Vektor des störenden Körpers dreht.

IV.

Integration der Bewegungsgleichungen.

14. Die in Nr 9 erhaltenen Differentialgleichungen für die Variablen ξ , η , u , v , p' und q' wollen wir nun zur Untersuchung der physischen Mondlibration benutzen.

Wird die Ekliptik zur XY -Ebene genommen, so erhält man Ausdrücke unterstehender Form für die in die Gleichungen eingehenden selenozentrischen Erdkoordinaten als Funktionen der Zeit.

$$\begin{aligned}\left(\frac{a}{r}\right)^3 &= A_0 + \sum A_i \cos(\alpha_i n t + h_i) \\ b &= \sum B_i \sin(\alpha_i n t + h_i) \\ \lambda_1 &= \sum C_i \sin(\alpha_i n t + h_i).\end{aligned}$$

Man hat es also mit einem System linearer Differentialgleichungen zu tun, deren Koeffizienten trigonometrische Funktionen der Zeit sind. Wird die rechte Seite des Systems gleich Null gesetzt, so ergeben sich die der freien Libration entsprechenden Integrale. Nimmt man in den Erdkoordinaten nur die Glieder, die aus einer elliptischen Mondbahn entstehen, so haben ja die Koeffizienten die Periode $\frac{2\pi}{n}$, und die allgemeinen Integrale würden das Aussehen

$$\sum_{i=1}^6 \kappa_i e^{s_i t} f_i(t)$$

haben, wo die κ_i Konstanten sind, s_i die charakteristischen Exponenten, und die $f_i(t)$ periodische Funktionen der Zeit mit der Periode $\frac{2\pi}{n}$.

Das System zu integrieren unter Berücksichtigung der vollständigen Form der Koeffizienten auf der linken Seite, beispielsweise nach der Methode von HILL, ist aber ziemlich umständlich und ist auch nicht notwendig, da annähernde Integralwerte sehr wohl ausreichen, um die Bewegung numerisch auseinanderzusetzen.

15. Auf der linken Seite der Gleichungen (6) behalten wir also nur die unveränderlichen Teile der Koeffizienten a_{ij} . Wenn wir die variablen Teile derselben als klein betrachten, können wir in den dadurch ausser Acht gelassenen Gliedern, die ja von zweiter Grössenordnung sind, die Veränderlichen ξ , η , u etc. durch genäherte Werte ersetzen, und zwar durch solche Werte, als ob die CASSINI'schen Geetze exakt wären. In diesem Falle wäre

$$\xi = 0, \quad \eta = \lambda_1$$

und, wenn wir die Bewegung der Zentralachse im Körper vernachlässigen, $u = v = 0$, während approximativ nach Nr 8

$$\begin{aligned} p' &= -\varepsilon_0 \sqrt{Cn} \cos F \\ q' &= \varepsilon_0 \sqrt{Cn} \sin F \end{aligned}$$

wo F den Winkelabstand zwischen dem Mond und den aufsteigenden Knoten der Mondbahn bezeichnet und ε_0 den als konstant zu betrachtenden Winkel zwischen der Drehungsachse und der Z-Achse. Dann ist nämlich u_3 gleich der Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn, und also

$$\eta_3 + \lambda_1 = 180 - F.$$

Wir haben dann wieder Konstanten als Koeffizienten zu den Variablen, und zwar die in Nr 10 aufgeschriebenen. Die bekannten Teile der Differentialgleichungen dagegen werden verändert.

In derselben Weise wollen wir einige Quantitäten dritter Ordnung in der Störungsfunktion berücksichtigen, die numerisch eine gewisse Einwirkung ausüben. Dies ist in $\cos^2 \alpha$ die Glieder

$$-\cos^2 b \frac{p'q' \sin \eta}{\xi_1} - 2 \sin b \cos b \sin^2 \eta \frac{q' \cos \lambda_1}{\sqrt{\xi_1}}$$

und in $\cos^2 \beta$

$$\frac{\cos^2 b (p'q' + 2uq') \sin \eta}{\xi_1} + 2 \sin b \cos b \sin^2 \eta \frac{q' \cos \lambda_1}{\sqrt{\xi_1}}.$$

Werden alle bekannten Glieder auf die rechte Seite gebracht, so bekommen wir somit für diese in den vier letzten Gleichungen die Ausdrücke

$$\begin{aligned} c^2 k_1 n \sqrt{Cn} & \left\{ \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin b \cos b - \varepsilon_0 \left(\frac{a}{r} \right)^3 \cos 2b \sin \lambda_1 \cos F - \varepsilon_0 \left[\left(\frac{a}{r} \right)^3 \cos 2b \cos \lambda_1 - 1 \right] \sin F \right\}, \\ c^2 k_1 n \sqrt{Cn} f & \left[- \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin b \cos b \sin \lambda_1 - \varepsilon_0 \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin^2 b \cos \lambda_1 \cos F + \varepsilon_0 \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin \lambda_1 \sin F \right], \\ c^2 k_1 n \sqrt{Cn} & \left\{ - \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin b \cos b \cos^3 \lambda_1 - \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin b \cos b \sin^2 \lambda_1 + \frac{\varepsilon_0}{2} \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin \lambda_1 \cos F + \right. \\ & \left. + \varepsilon_0 \left[\left(\frac{a}{r} \right)^3 \cos 2b \cos^2 \lambda_1 - 1 \right] \sin F + f \frac{\varepsilon_0}{2} \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin \lambda_1 \cos F \right\}, \end{aligned}$$

und

$$c^2 k_1 n \sqrt{Cn} \left\{ \varepsilon_0 \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin^2 \lambda_1 \cos F + \frac{\varepsilon_0}{2} \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin \lambda_1 \sin F + \right. \\ \left. + f \left[- \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin b \cos b \sin \lambda_1 \cos \lambda_1 - \varepsilon_0 \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin^2 b \cos F + \frac{\varepsilon_0}{2} \left(\frac{a}{r} \right)^3 \sin \lambda_1 \sin F \right] \right\},$$

wenn von einigen Gliedern der vierten Grössenordnung in b , λ_1 und ε_0 abgesehen wird und

$$k_2 = f \cdot k_1, \quad k_3 = (1 - f)k_1$$

gesetzt ist.

In den Gleichungen für ξ und η , die die Libration in Longitud bestimmen, werden wir die Grössen höherer Ordnung ganz vernachlässigen, da sie numerisch ohne Einfluss sind.

16. Um die Glieder in den Variablen zu erhalten, die die freien Schwingungen des Mondes verursachen, haben wir folglich das vorher aufgeschriebene System (7) zu benutzen, dessen vier letzte Gleichungen befriedigt sind von

$$(9) \quad \begin{aligned} u &= E \cos(\sigma n t + \gamma), \\ v &= F \sin(\sigma n t + \gamma), \\ p' &= G \cos(\sigma n t + \gamma), \\ q' &= H \sin(\sigma n t + \gamma). \end{aligned}$$

Um die Konstanten E , F , G und H zu bestimmen, ergeben sich durch Einsetzen die Gleichungen

$$\begin{aligned} -\sigma E - (1 + c^2 k_1) F + c^2 k_1 H &= 0, \\ k_2 E + \sigma F &= 0, \\ c^2 k_1 E - \sigma G - (1 + c^2 k_1) H &= 0, \\ G + \sigma H &= 0. \end{aligned}$$

Zur Ermittlung von σ bekommt man hieraus

$$(10) \quad \begin{vmatrix} -\sigma, & -(1 + c^2 k_1), & 0, & c^2 k_1 \\ k_2, & \sigma, & 0, & 0 \\ 0, & c^2 k_1, & -\sigma, & -(1 + c^2 k_1) \\ 0, & 0, & 1, & \sigma \end{vmatrix} = 0,$$

welche Gleichung dieselbe ist wie die in N:r 11 zur Bestimmung der charakteristischen Exponenten, mit dem Unterschiede dass hier $-\sigma$ in der ersten und dritten Reihe anstatt σ steht. Wird die Determinante entwickelt, hat man folglich mit den Werten von P und Q aus N:r 11

$$\sigma^4 - P\sigma^2 + Q = 0$$

mit den beiden Werten von σ^2

$$(11) \quad \begin{aligned} \sigma_1^2 &= 1 + c^2 k_1 \\ \sigma_2^2 &= (1 + c^2) k_1 k_2, \end{aligned}$$

wo dieselbe Approximation wie betreffs der s -Wurzeln gemacht ist.

Die Lösung von (9) gibt

$$\frac{-E}{\sigma(\sigma^2 - 1 - c^2 k_1)} = \frac{F}{k_2(\sigma^2 - 1 - c^2 k_1)} = \frac{G}{c^2 k_1 k_2 \sigma} = \frac{-H}{c^2 k_1 k_2}.$$

Für $\sigma = \sigma_1$ und unter Vernachlässigung von Gliedern der Grössenordnung $k_1^2 k_2$ ergeben sich untenstehende Ausdrücke der Koeffizienten, die mit E_1 , F_1 , G und H_1 bezeichnet werden.

$$\begin{aligned} E_1 &= F_1 = 0 \\ G_1 &= -\sqrt{1 + c k_1} H_1. \end{aligned}$$

Und für $\sigma = \sigma_2$ bekommt man

$$\begin{aligned} F_2 &= -\sqrt{\frac{k_2}{(1 + c^2)k_1}} E_2, \\ G_2 &= \frac{c^2 k_1 k_2}{1 + c^2 k_1 - (1 + c^2)k_1 k_2} E_2, \\ H_2 &= -\frac{c^2 \sqrt{k_1 k_2}}{\sqrt{1 + c^2[1 + c^2 k_1 - (1 + c^2)k_1 k_2]}} E_2. \end{aligned}$$

Da wie aus den Beobachtungen bekannt ist, sämtliche Koeffizienten E_1 , F_1 , G_1 , etc. klein und auf Grund der Grössenordnung von k_1 und k_2 , G_2 und H_2 verschwindend im Vergleich zu E_2 und F_2 sind, können wir auch G_2 und H_2 vernachlässigen.

Aus den Gleichungen für ξ und η werden unmittelbar die arbiträren Glieder in ξ und η

$$-A_0 C \nu_3 \cos(\nu_3 t + a_0) \quad \text{und} \quad A_0 \sin(\nu_3 t + a_0).$$

erhalten.

Die Integrale unserer Differentialgleichungen, die die freie Libration bewirken, können wir deshalb, wie folgt, schreiben.

$$\begin{aligned} \xi &= -A_0 C \nu_3 \cos(\nu_3 t + a_0), \\ \eta &= A_0 \sin(\nu_3 t + a_0), \\ u &= E_2 \cos(\sigma_2 n t + \gamma_2), \\ v &= -\frac{\sqrt{f} E_2}{\sqrt{1 + c^2}} \sin(\sigma_2 u t + \gamma_2), \\ p' &= G_1 \cos(\sigma_1 n t + \gamma_1), \\ q' &= -\frac{G_1}{\sqrt{1 + c^2 k_1}} \sin(\sigma_1 n t + \gamma_1), \end{aligned}$$

wo A_0 , a_0 , E_2 , γ_2 , G_1 und γ_1 , Integrationskonstanten sind.

Da man genähert hat

$$\frac{u}{\sqrt{Cn}} = \theta_0 \cos u_1$$

$$\frac{v}{\sqrt{Cn}} = -\theta_0 \sin u_1,$$

und u_1 , um 90° vermindert, die Länge der Zentralachse, auf die im Körper feste xy -Ebene bezogen, bezeichnet, ergibt es sich klar, dass die mechanische Bedeutung dieser Glieder in u und v darin besteht, dass die Zentralachse innerhalb des Körpers einen elliptischen Kegel um die Figurachse beschreibt, mit der Perigee $1:\sigma_2$ siderische Monate, und nach den Ausdrücken für p' und q' würde sie im Raume einen zirkulären Kegel um den Pol der Ekliptik beschreiben. Diese Schwingungen würden offenbar den sekulären Störungen im Planetenproblem entsprechen.

Man kann indessen mittels dieser Methode die sekulären Störungen im Rotationsproblem nach dem Prinzip des DELAUNAY'schen Problems behandeln, und zwar hat ZINNER dies für die Rotation eines Planeten getan¹ mit Anwendung der Veränderlichen α_i und u_i , von welchen u_1 und u_2 dabei als kurzperiodisch betrachtet werden, u_3 aber als langperiodisch und also in die sekuläre Störungsfunktion eingehend. Diese Untersuchungen sind jedoch nicht anwendbar mit Bezug auf die Drehung des Mondes, indem u_3 hier dieselbe verhältnismässig kurze Periode wie der Knoten der Mondbahn besitzt, während u_1 in Anbetracht des kleinen Wertes von σ_2 als langperiodisch anzusehen ist.

16. Wird die rechte Seite der Gleichungen für die Libration in Länge berücksichtigt, so können sie geschrieben werden

$$\frac{d\xi}{dt} - C\nu_3^2\eta \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b = 0$$

(13)

$$\frac{d\eta}{dt} + \frac{\xi}{C} = \frac{d\lambda_1}{dt},$$

woraus für η die Gleichung

$$\frac{d^2\eta}{dt^2} + \nu_3^2\eta \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b = \frac{d^2\lambda_1}{dt^2}$$

entsteht.

Wird $\eta = \lambda_1 + \Delta\eta$ gesetzt, so hat man, da $\lambda_1 \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b$ in der Form

$$\sum L_i \sin(\alpha_i n t + h_i)$$

¹ Siehe Meddelande Nr 40.

darstellbar ist, und wenn Glieder der Grössenordnung $\Delta\eta$ mit den periodischen Gliedern, in $\left(\frac{a}{r}\right)^3$ multipliziert, vernachlässigt werden, die Gleichung

$$(14) \quad \frac{d^2\Delta\eta}{dt^2} + \nu_3^2\Delta\eta = -\nu_3^2 \sum L_i \sin(\alpha_i n t + h_i),$$

woraus die partikuläre Lösung

$$\Delta\eta = \sum \frac{c^2 k_3}{\alpha_i^2 - c^2 k_3} L_i \sin(\alpha_i n t + h_i)$$

erhalten wird und wo

$$\nu_3^2 = c^2 k_3 n^2$$

eingeführt ist.

Wenn es in der rechten Seite ein Glied gibt, für welches $\alpha^2 = c^2 k_3$ gilt, ist dieser Ausdruck nicht mehr gültig, sondern höhere Potenzen der Störungsfunktion müssen beachtet werden.

Als Integrale der Gleichungen (13) hat man also

$$(15) \quad \begin{aligned} \xi &= -A_0 C \nu_3 \cos(\nu_3 t + a_0) - C n \sum \frac{c^2 k_3 \alpha_i L_i}{\alpha_i^2 - c^2 k_3} \cos(\alpha_i n t + h_i), \\ \eta &= A_0 \sin(\nu_3 t + a_0) + \lambda_1 + \sum \frac{c^2 k_3 L_i}{\alpha_i^2 - c^2 k_3} \sin(\alpha_i n t + h_i). \end{aligned}$$

17. Die Gleichungen zur Bestimmung von u , v , p' und q' können wir, wenn ihre rechten Seiten in trigonometrische Reihen entwickelt sind, in der Form schreiben

$$(16) \quad \begin{aligned} \frac{du}{dt} - (1 + c^2) k_1 n v + c^2 k_1 n q' &= c^2 k_1 n \sqrt{Cn} \sum M_i \sin(\alpha_i n t + h_i), \\ \frac{dv}{dt} + k_2 n u &= c^2 k_1 n \sqrt{Cn} \sum N_i \cos(\alpha_i n t + h_i), \\ \frac{dp'}{dt} + c^2 k_1 n v - (1 + c^2 k_1) n q' &= c^2 k_1 n \sqrt{Cn} \sum P_i \sin(\alpha_i n t + h_i), \\ \frac{dq'}{dt} + n p' &= c^2 k_1 n \sqrt{Cn} \sum Q_i \cos(\alpha_i n t + h_i). \end{aligned}$$

Dieses System wird befriedigt, indem man

$$\begin{aligned} u &= \sqrt{Cn} E_i \cos(\alpha_i n t + h_i), \\ v &= \sqrt{Cn} F_i \sin(\alpha_i n t + h_i), \\ p' &= \sqrt{Cn} G_i \cos(\alpha_i n t + h_i), \\ q' &= \sqrt{Cn} H_i \sin(\alpha_i n t + h_i) \end{aligned}$$

setzt. Für jedes Argument in der rechten Seite von (16) tritt ein Glied mit demselben Argument in u , v , p' und q' ein. Um ihre Koeffizienten E_i , F_i , G_i und H_i zu bestimmen, bekommt man

$$\begin{aligned}
 (17) \quad & -\alpha_i E_i - (1 + c^2) k_1 F_i + c^2 k_1 H_i = c^2 k_1 M_i, \\
 & k_2 E_i + \alpha_i F_i = c^2 k_1 N_i, \\
 & c^2 k_1 F_i - \alpha_i G_i - (1 + c^2 k_1) H_i = c^2 k_1 P_i, \\
 & G_i + \alpha_i H_i = c^2 k_1 Q_i,
 \end{aligned}$$

welches System die Auflösung hat

$$\begin{aligned}
 (18) \quad & \Delta E_i = c^2 k_1 \{ (P_i + \alpha_i Q_i) c^2 k_1 \alpha_i - M_i (\alpha_i^2 - \sigma_1^2) \alpha_i - N_i [\alpha_i^2 - \sigma_1^2 + c^2 (\alpha_i^2 - 1)] k_1 \}, \\
 & \Delta H_i = c^2 k_1 [(P_i + \alpha_i Q_i) (\alpha_i^2 - \sigma_2^2) - M_i c^2 k_1 k_2 - N_i c^2 k_1 \alpha_i], \\
 & \alpha_i F_i = c^2 k_1 N_i - E_i k_2, \\
 & G_i = c^2 k_1 Q_i - \alpha_i H_i.
 \end{aligned}$$

Hier wird mit Δ der Ausdruck

$$(\alpha_i^2 - \sigma_1^2) (\alpha_i^2 - \sigma_2^2)$$

bezeichnet.

Die allgemeinen Ausdrücke für u , v , p' und q' werden also

$$\begin{aligned}
 (19) \quad & u = E_2 \cos(\sigma_2 n t + \gamma_2) + \sqrt{Cn} \sum_{i>2} E_i \cos(\alpha_i n t + h_i), \\
 & v = -\frac{\sqrt{f} E_2}{\sqrt{1+c^2}} \sin(\sigma_2 n t + \gamma_2) + \sqrt{Cn} \sum_{i>2} F_i \sin(\alpha_i n t + h_i), \\
 & p' = G_1 \cos(\sigma_1 n t + \gamma_1) + \sqrt{Cn} \sum_{i>2} G_i \cos(\alpha_i n t + h_i), \\
 & q' = -\frac{G_1}{\sqrt{1+c^2 k_1}} \sin(\sigma_1 n t + \gamma_1) + \sqrt{Cn} \sum_{i>2} H_i \sin(\alpha_i n t + h_i).
 \end{aligned}$$

Wie hieraus erhellt, hat man überwiegend in u und v langperiodische Glieder, während die grössten Glieder in p' und q' kurzperiodisch sind.

18. Da genähert

$$\begin{aligned}
 \frac{p'}{\sqrt{Cn}} &= \varepsilon \cos(\eta_3 + \lambda_1), \\
 \frac{q'}{\sqrt{Cn}} &= \varepsilon \sin(\eta_3 + \lambda_1),
 \end{aligned}$$

ergibt sich aus einer einfachen Rechnung mit Vernachlässigen der kleinen arbiträren Glieder in p' und q'

$$\operatorname{tg}(\eta_3 + \lambda_1 + F) = \frac{\frac{1}{2} \sum (-G_i + H_i) \sin(\alpha_i n t + h_i - F) + \frac{1}{2} \sum (G_i + H_i) \sin(\alpha_i n t + h_i + F)}{\frac{1}{2} (G_3 - H_3) + \frac{1}{2} \sum_{i>3} (-G_i - H_i) \cos(\alpha_i n t + h_i - F) + \frac{1}{2} \sum (G_i + H_i) \cos(\alpha_i n t + h_i + F)},$$

wo F wieder der in Nr 15 definierte Winkelabstand ist, und G_3 und H_3 die entsprechenden Koeffizienten in p' und q' sind. Wie sich aus der numerischen Behandlung im folgenden Abschnitt ergibt, ist $\frac{1}{2} (G_3 - H_3)$ numerisch grösser als die

Summe der absoluten Werte aller übrigen Koeffizienten im Nenner. Wie LAPLACE vorher bewiesen hat, ergibt sich hieraus, dass $\gamma_3 + \lambda_1 + F$ Libration entweder mit den Werten 0° oder 180° hat, je nachdem ob $\frac{1}{2}(G_3 - H_3)$ positiv oder negativ ist. Hierin hat man die theoretische Erklärung des dritten Gesetzes CASSINI's. Zwar haben wir in Nr 15 schon dieses benutzt, um die rechte Seite der Bewegungsgleichungen zu bilden, aber das oben erwähnte Verhältnis ist natürlich davon unabhängig.

Nennt man nämlich die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn Ω , so hat die Winkelgrösse u_3 Libration mit entweder Ω oder $180^\circ + \Omega$. Im vorigen Falle liegt der Pol der Ekliptik zwischen den Polen der Mondbahn und des Mondäquators, während dieser letztere in der Mitte liegt, wenn u_3 mit $180 + \Omega$ Libration hat. Nach CASSINI's drittem Gesetz oszilliert u_3 um Ω , und folglich muss $\frac{1}{2}(G_3 - H_3)$ negativ sein. Für diese Grösse wird der genäherte Wert

$$-\frac{c^2 k_1 (1 + \frac{1}{2}g) \cdot P_3}{2g + g^2 - c^2 k_1}$$

erhalten, wo $n(1 + g)$ die mittlere Bewegung der Winkelgrösse F ist, und, wie aus dem Späteren hervorgeht, P_3 positiv und g eine kleine positive Grösse ist.

Man muss also

$$k_1 > 0$$

haben, sofern nicht

$$c^2 k_1 > 2g + g^2,$$

woraus gewisse ausgeschlossene Werte von k_1 folgen.

19. Aus den jetzt erhaltenen Werten unserer Variablen können wir die Ausdrücke von den EULER'schen Winkeln ψ , φ und θ herleiten.

Man hat nach Nr 7

$$\varphi + u_1 = -u_2 + \frac{\theta_0}{\varepsilon} \sin u_2,$$

$$\psi + u_3 = \frac{\theta_0}{\varepsilon} \sin u_2,$$

$$\theta = \varepsilon + \theta_0 \cos u_2.$$

Um ε , die Neigung zwischen der Z -Achse und der Zentralachse, zu erhalten, haben wir annäherungsweise die Relationen

$$\varepsilon \cos(\gamma_3 + \lambda_1) = \Sigma G_i \cos(\alpha_i n t + h_i),$$

$$\varepsilon \sin(\gamma_3 + \lambda_1) = \Sigma H_i \sin(\alpha_i n t + h_i),$$

wenn wir die konstante Grösse \sqrt{Cn} in die Integrationskonstanten G_1 und H_1 eingehen lassen und auch die Argumente der arbiträren Glieder in derselben Weise wie die der übrigen bezeichnet werden. Durch Quadrieren und Addieren ergibt sich hieraus

$$\begin{aligned} \varepsilon^2 = & \frac{1}{2} \Sigma (G_i^2 + H_i^2) + \frac{1}{2} \Sigma (G_i^2 - H_i^2) \cos 2(\alpha_i n t + h_i) + \\ & + \Sigma (G_i G_j + H_i H_j) \cos [(\alpha_i - \alpha_j) n t + h_i - h_j] \\ & + \Sigma (G_i G_j - H_i H_j) \cos [(\alpha_i + \alpha_j) n t + h_i + h_j]. \end{aligned}$$

Wird jetzt

$$\varepsilon_0^2 = \frac{1}{2} \sum (G_i^2 + H_i^2)$$

gesetzt, so können wir, weil alle G_i und H_i mit Ausnahme derer mit dem Argument F , die mit G_3 und H_3 bezeichnet werden, klein sind, schreiben

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \sum \frac{G_3 + H_3}{2} \cos 2F + \frac{1}{2} \sum' (-G_i + H_i) \cos (\alpha_{int} + h_i - F) - \frac{1}{2} \sum' (G_i + H_i) \cos (\alpha_{int} + h_i + F)$$

wenn in den als klein zu betrachtenden periodischen Gliedern $\varepsilon_0 = H_3 = -G_3$, gesetzt wird, was nahe erfüllt ist, und der Akzent deutet an, dass die $i = 3$ entsprechenden Glieder ausgeschlossen werden sollen.

Aus den Gleichungen (19) wird auch hergeleitet

$$\begin{aligned} \eta_3 + \lambda_1 + F - 180^\circ = & - \frac{G_3 + H_3}{2\varepsilon_0} \sin 2F - \sum' \frac{-G_i + H_i}{2\varepsilon_0} \sin (\alpha_{int} + h_i - F) \\ & - \sum' \frac{G_i + H_i}{2\varepsilon_0} \sin (\alpha_{int} + h_i + F). \end{aligned}$$

Wenn wir die Summe aller dieser Glieder in der rechten Seite $\Delta\eta_3$ nennen, ergibt sich

$$\eta_3 = 180 - F - \lambda_1 + \Delta\eta_3.$$

Nun ist

$$u_2 = \eta_1 + \eta_2 + \eta_3,$$

oder

$$u_2 = 180 + \eta_2 - F + \Delta\eta + \Delta\eta_3.$$

Werden Glieder der Größenordnungen $\theta_0 \Delta\eta$ und $\theta_0 \Delta\eta_3$ vernachlässigt, so bekommen wir

$$\begin{aligned} \theta_0 \sin u_2 &= -\theta_0 \sin \eta_2 \cos F + \theta_0 \cos \eta_2 \sin F, \\ \theta_0 \cos u_2 &= -\theta_0 \cos \eta_2 \cos F - \theta_0 \sin \eta_2 \sin F, \end{aligned}$$

und approximativ ist

$$\begin{aligned} \theta_0 \cos \eta_2 &= \sum E_i \cos (\alpha_{int} + h_i), \\ \theta_0 \sin \eta_2 &= \sum F_i \sin (\alpha_{int} + h_i). \end{aligned}$$

Wird dies in das Vorige eingesetzt, so erhalten wir

$$\begin{aligned} \theta_0 \sin u_2 &= -\frac{1}{2} \sum (E_i + F_i) \sin (\alpha_{int} + h_i - F) \\ &\quad + \frac{1}{2} \sum (E_i - F_i) \sin (\alpha_{int} + h_i + F), \\ \theta_0 \cos u_2 &= -\frac{1}{2} \sum (E_i + F_i) \cos (\alpha_{int} + h_i - F) \\ &\quad - \frac{1}{2} \sum (E_i - F_i) \sin (\alpha_{int} + h_i - F). \end{aligned}$$

Weiter ergibt sich

$$u_3 = \Omega + \Delta\eta_3.$$

Zuletzt können wir also die Ausdrücke der EULER'schen Winkel ψ und θ in der Form schreiben

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_0(\psi + \Omega) &= \frac{1}{2} \Sigma (E_i - F_i + G_i + H_i) \sin(\alpha_i n t + h_i + F) + \\
 &+ \frac{1}{2} \Sigma (-E_i - F_i - G_i + H_i) \sin(\alpha_i n t + h_i - F), \\
 (20) \quad \theta &= \varepsilon_0 - \frac{1}{2} (E_3 + F_3) - \frac{1}{2} \Sigma (E_i - F_i + G_i + H_i) \cos(\alpha_i n t + h_i + F) + \\
 &+ \frac{1}{2} \Sigma (-E_i - F_i - G_i + H_i) \cos(\alpha_i n t + h_i - F),
 \end{aligned}$$

wo in der letzten Summe der dem Argument F entsprechende Koeffizient ausgeschlossen werden soll.

Wird in der Libration in Länge die Grösse κ_1 , die den genäherten Wert $-\frac{\varepsilon_0 \theta_0}{4}$ hat, berücksichtigt, so erhält man nach den Formeln in Nr 7

$$\varphi = \psi + 180 + \lambda_0 - \Delta\eta + 2\kappa_1 \sin u_2$$

mit λ_0 als Bezeichnung für die mittlere Länge des Mondes, und $\theta_0 \sin u_2$ und $\Delta\eta$ sind aus dem Obenstehenden gegeben.

20. Wird der konstante Teil der Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik mit $[\theta]$ bezeichnet, so erhalten wir für diesen die Relation

$$[\theta] = \varepsilon_0 - \frac{1}{2} (E_3 + F_3).$$

Da mit ziemlich grosser Approximation

$$\varepsilon_0 = \left(1 + \frac{g}{2}\right) H_3$$

ist, erhalten wir, wenn E_3 durch einen genäherten Wert ersetzt und F_3 vernachlässigt wird, hieraus die Relation, die zur Berechnung von k_1 aus der Neigung angewandt worden ist. Wird die Einwirkung der arbiträren Glieder auf die Neigung berücksichtigt, so ergeben sich gewisse Grenzen für k_1 , was LAGRANGE nachgewiesen hat und was auch aus dem oben Erwähnten hervorgehen dürfte.

V.

Numerische Berechnung der Störungsglieder.

21. Die im vorigen Abschnitt auseinandergesetzten Formeln werden wir nun benutzen, um die von der Erde verursachten Ungleichheiten in der Mondrotation numerisch zu berechnen. Um einen Vergleich mit HAYN anstellen zu können, werden wir uns des von ihm gefundenen Wertes $k_1 = 0.0006289$ bedienen und der beiden Werte $1/2$ und $3/4$ für die Grösse f . Unter Annahme des ersteren, aus den Berechnungen von FRANZ sich ergebenden Wertes und $k_1 = 0.0006256$ hat er die Störungen genau berechnet, während er aus seinen Beobachtungen den Schluss zieht, dass f den letzteren Wert hat.

Das Verhältnis der Massen der Erde und des Mondes werden wir zu 81.5 setzen, was $c^2 = 2.96177$ gibt.

Für $f = 1/2$ wird $k_3 = 0.0003145$ und die Periode der willkürlichen Libration in Longitud wird 32,8 siderische Monate, während $f = 3/4$ den k_3 -Wert 0.0001572 und die fragliche Periode 40.4 siderische Monate liefert. Nach dem von PUISEUX unter Voraussetzung, dass der Mond wie ein fester Körper rotiere, angedeuteten Wert würde diese Periode etwa 17 Monate sein. Indessen scheint es aus allen hierüber angestellten Beobachtungen hervorzugehen, dass die Amplitude dieser Libration sehr klein ist.

Der Betrag der Grösse σ_1 wird in beiden Fällen, da er von k_1 unabhängig ist, 1.000930, und σ_2 kann in der Form

$$0.001252 \sqrt{f}$$

geschrieben werden. Hieraus ergibt sich für die Dauer der Perioden der auch wahrscheinlich sehr kleinen arbiträren Glieder in u und v etwa bez. 1130 und 922 Monate, bei den beiden Annahmen über die Grösse f , während die entsprechenden Glieder in p' und q' in beiden Fällen eine Periode besitzen, die sich nur um ungefähr eine halbe Stunde von einem Monate unterscheidet.

22. Um die in Nr 15 aufgeschriebenen Ausdrücke der rechten Seiten unserer Differentialgleichungen in trigonometrische Reihen zu entwickeln, werden wir die von BROWN¹ gegebenen Werte der Mondkoordinaten benutzen.

¹ Memoirs of the royal astr. society vol. LVII. Part. II.

Die in seinen Reihen angewandten Argumente können in der Form

$$il + i'l' + jF + j'D$$

geschrieben werden, wo i , i' , j und j' ganze Zahlen sind, und

l die mittlere Anomalie des Mondes bezeichnet
 l' » » » der Sonne »

und D den mittleren Abstand des Mondes von der Sonne und F die in Nr 18 definierte Winkelgrösse bedeutet.

Die mittleren Bewegungen dieser vier Argumente l , l' , F und D können geschrieben werden

$$n(1 - h), \quad n.m, \quad n(1 + g) \quad \text{und} \quad n(1 - m)$$

Dabei ist nach BROWNS oben erwähnter Arbeit s. 110

| | | | |
|--------|---|-----|----------------|
| hn | die jährliche mittl. Bewegung des Mondperigäums | = + | 146 426, ''92 |
| — gn | » » » » » Knotens der Mondbahn | = — | 69672, ''04 |
| n | » » » » » Mondes | = + | 17325594, ''06 |
| nm | » » » » » der Sonne. | = + | 1295977, '42 |

Hieraus wird hergeleitet

$$m = 0,07480134$$

$$h = 0,00845148$$

$$g = 0,00402134$$

Aus den BROWN'schen Entwicklungen sind dann alle Glieder in λ_1 und b mit einem Koeffizienten grösser als $1''$ entnommen und, in Bogensekunden ausgedrückt, in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt, wo auch die periodischen Glieder in $\frac{a}{r}$ in Teilen des Radius mit fünfstelliger Genauigkeit gegeben sind. Die Argumente sind in derselben Weise in BROWNS Tabelle geordnet. Um λ_1 und b zu erhalten, hat man den Koeffizienten mit dem Sinus der Argumente zu multiplizieren, während die periodischen Glieder in $\frac{a}{r}$ aus Cosinusgliedern bestehen. Diese Koeffizienten liegen also der folgenden numerischen Behandlung des Problems zu Grunde.

TAB. 1.

| Argument | | | | Koeff. | | Argument | | | | Koeff. | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|-------------|---------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----|---|---------|-----|
| <i>l</i> | <i>l'</i> | <i>F</i> | <i>D</i> | λ_1 | $\frac{a}{r}$ | <i>l</i> | <i>l'</i> | <i>F</i> | <i>D</i> | <i>b</i> | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 4 | + | 13,9 | + | 0,00008 | 0 | 0 | 1 | 4 | — | 1,2 | |
| | | | 2 | + | 2369,9 | + | 0,00825 | | | | 2 | — | 117,3 | |
| | | | 1 | — | 124,8 | — | 0,00029 | | | | 1 | + | 5,4 | |
| 1 | 0 | 0 | 4 | + | 2,0 | + | 0,00001 | | | | 0 | — | 18461,5 | |
| | | | 2 | + | 192,0 | + | 0,00090 | | | | —1 | — | 4,8 | |
| | | | 1 | — | 8,4 | — | 0,00003 | | | | —2 | + | 623,7 | |
| | | | 0 | + | 22639,6 | + | 0,05450 | | | | —4 | + | 3,7 | |
| | | | —1 | + | 18,6 | | | 1 | 0 | 1 | 2 | — | 15,1 | |
| | | | —2 | — | 4586,4 | + | 0,01002 | | | | 0 | — | 1010,2 | |
| | | | —3 | + | 3,2 | — | 0,00001 | | | | —2 | + | 166,6 | |
| | | | —4 | — | 38,4 | + | 0,00018 | | | | —4 | + | 6,6 | |
| 0 | 1 | 0 | 2 | — | 24,5 | — | 0,00009 | —1 | 0 | 1 | 4 | — | 3,0 | |
| | | | 1 | + | 18,0 | + | 0,00004 | | | | 2 | — | 199,5 | |
| | | | 0 | — | 668,9 | — | 0,00012 | | | | 0 | + | 999,7 | |
| | | | —2 | — | 165,4 | + | 0,00056 | | | | —2 | + | 33,4 | |
| | | | —4 | — | 1,9 | + | 0,00001 | 0 | 1 | 1 | 2 | + | 1,3 | |
| 2 | 0 | 0 | 2 | + | 14,4 | + | 0,00008 | | | | 0 | + | 6,5 | |
| | | | 0 | + | 769,0 | + | 0,00297 | | | | —2 | + | 29,7 | |
| | | | —1 | + | 1,7 | | | 0 | —1 | 1 | 2 | — | 8,0 | |
| | | | —2 | — | 211,7 | — | 0,00009 | | | | 0 | — | 4,9 | |
| | | | —3 | + | 1,2 | | | | | | —2 | — | 12,1 | |
| | | | —4 | — | 30,8 | + | 0,00011 | 2 | 0 | 1 | 2 | — | 1,5 | |
| 1 | 1 | 0 | 2 | — | 2,9 | — | 0,00001 | | | | 0 | — | 61,9 | |
| | | | 1 | + | 1,3 | | | | | | —2 | + | 15,6 | |
| | | | 0 | — | 109,8 | — | 0,00028 | —2 | 0 | 1 | 4 | — | 2,4 | |
| | | | —2 | — | 206,2 | + | 0,00042 | | | | 2 | + | 1,6 | |
| | | | —4 | — | 4,4 | + | 0,00002 | | | | 0 | + | 31,8 | |
| 1 | —1 | 0 | 2 | + | 14,6 | + | 0,00007 | | | | —2 | + | 2,1 | |
| | | | 0 | + | 147,9 | + | 0,00034 | 0 | 2 | 1 | —2 | + | 1,1 | |
| | | | —1 | — | 1,1 | | | 1 | 1 | 1 | 0 | + | 5,3 | |
| | | | —2 | + | 28,5 | — | 0,00007 | | | | —2 | + | 7,5 | |
| 0 | 2 | 0 | 0 | — | 7,5 | | | —1 | 1 | 1 | + | 2 | + | 1,3 |
| | | | —2 | — | 8,1 | + | 0,00003 | | | | 0 | + | 5,7 | |
| 3 | 0 | 0 | 2 | | | + | 0,00001 | | | | —2 | + | 1,8 | |
| | | | 0 | + | 36,1 | + | 0,00018 | 1 | —1 | 1 | 2 | — | 1,1 | |
| | | | —2 | — | 13,2 | — | 0,00004 | | | | 0 | — | 6,8 | |
| | | | —4 | — | 1,2 | | | —1 | —1 | 1 | 2 | — | 8,9 | |
| 2 | 1 | 0 | 0 | — | 7,7 | — | 0,00003 | | | | 0 | — | 5,1 | |
| | | | —2 | — | 8,6 | — | 0,00001 | 3 | 0 | 1 | 0 | — | 4,0 | |
| | | | —4 | — | 2,7 | + | 0,00001 | | | | —2 | + | 1,5 | |
| 2 | —1 | 0 | 2 | + | 1,2 | + | 0,00001 | —3 | 0 | 1 | 0 | + | 1,6 | |
| | | | 0 | + | 9,7 | + | 0,00004 | 0 | 0 | 3 | 0 | + | 6,3 | |
| | | | —2 | — | 2,5 | | | | | | —2 | + | 2,2 | |
| 1 | 2 | 0 | 0 | — | 1,2 | | | 1 | 0 | 3 | 0 | + | 1,0 | |
| | | | —2 | — | 7,4 | + | 0,00001 | —1 | 0 | 3 | 0 | + | 2,8 | |
| 1 | —2 | 0 | 0 | + | 2,6 | + | 0,00001 | | | | | | | |
| | | | —2 | + | 2,5 | — | 0,00001 | | | | | | | |
| 4 | 0 | 0 | 0 | + | 1,9 | + | 0,00001 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 2 | 2 | — | 5,7 | | | | | | | | | |
| | | | 0 | — | 411,6 | | | | | | | | | |
| | | | —2 | — | 55,2 | — | 0,00003 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 2 | 0 | — | 45,1 | | | | | | | | | |
| | | | —2 | | | — | 0,00002 | | | | | | | |
| 1 | 0 | —2 | 2 | — | 6,4 | — | 0,00001 | | | | | | | |
| | | | 0 | + | 39,5 | — | 0,00021 | | | | | | | |
| | | | —2 | + | 9,4 | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | —2 | — | 2,2 | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | —2 | 2 | — | 1,4 | | | | | | | | | |
| 2 | 0 | 2 | 0 | — | 4,0 | | | | | | | | | |
| 2 | 0 | —2 | 0 | — | 1,3 | | | | | | | | | |

23. Wir werden nun zuerst die Gleichung für $\Delta\eta$ behandeln, die die Libration in Longitud gibt.

Wenn in Betracht gezogen wird, dass k_3 eine kleine Grösse ist, so ist es klar dass nur die Glieder in $\Delta\eta$ bemerkbar werden, deren Koeffizienten in $\left(\frac{a}{r}\right)^3 \lambda_1 \cos^2 b$ verhältnismässig gross sind, und die, deren Argumente kleine α -Werte haben. Für die Glieder in $\Delta\eta$, deren Koeffizienten grösser als $1''$ sind, ist im folgenden diese Grösse angeführt nebst den fraglichen L - und α -Werten, wobei alle Koeffizienten in Bogensekunden ausgedrückt sind. Von der Einwirkung gewisser sehr langperiodischer Glieder in der Mondlänge wird abgesehen.

TAB. 2.

 $f = \frac{1}{4} \quad f = \frac{3}{4}$

| Argument | α | L | $c^2 k_3 L : (\alpha^2 - c^2 k_3)$ | |
|----------------|-----------|-----------|------------------------------------|--------|
| l | + 0,99155 | + 22541,0 | + 21,4 | + 10,7 |
| $l - 2D$ | - 0,85885 | - 4512,8 | - 5,7 | - 2,9 |
| l' | + 0,07480 | - 669,3 | - 133,7 | - 60,8 |
| $2l - 2D$ | + 0,13270 | - 236,9 | - 13,2 | - 6,4 |
| $2F - 2D$ | + 0,15764 | - 63,6 | - 2,5 | - 1,2 |
| $l - D$ | + 0,06635 | + 19,1 | + 5,0 | + 2,3 |
| $2l - l' - 2D$ | + 0,20750 | - 10,4 | - 1,0 | - |
| $-2l + 2F$ | + 0,02494 | + 2,3 | - 6,9 | + 6,9 |
| $l - l' - D$ | - 0,00845 | - 1,2 | + 1,3 | + 1,4 |

Das Glied mit $-2l + 2F$ als Argument ist interessant, weil es für $k_3 = 00002233$ unendlich wird, welcher Wert nicht weit von dem von HAYN gefundenen liegt. Für k_3 -Werte von der von POISEUX angedeuteten grossen Grössenordnung wird der Nenner

$$\alpha^2 - c^2 k_3$$

klein für verschiedene der in Tabelle 2 mit aufgenommenen Argumente. So wird der Koeffizient der jährlichen Ungleichheit unendlich für

$$k_3 = 0,001889$$

Bei dieser Integrationsmethode treten hier also kleine Divisoren auf und spielen eine analoge Rolle wie in der Planetentheorie, indem die Nenner der Koeffizienten für gewisse »kritische« Werte der Quantität k_3 verschwinden. Um die Störungen in diesem Falle zu ermitteln, muss man in derselben Weise wie in der Theorie der [sekularen] Störungen der kleinen Planeten¹ höhere Potenzen der Störungsfunktion berücksichtigen. Durch Mitnehmen der vierten Potenz von η in die Störungsfunktion und durch Vernachlässigung der periodischen Glieder in $\left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b$ hat CHARLIER²

¹ Siehe CHARLIER: Die Mechanik d. Himmels, S. 424.

² Siehe Meddelande Nr 32.

die dabei auftretenden Koeffizienten näher in Betracht gezogen. Der Koeffizient zum fraglichen Argument wird eine diskontinuierliche Funktion der Grösse $\frac{\alpha}{\nu_3}$, indem er für einen Wert derselben in der Nähe von eins das Zeichen wechselt und verdoppelt wird. Wenn k_3 den oben angeführten Wert hat, für welchen die Periode der arbiträren Libration genau ein Jahr ausmacht, so würde es nach seinen Betrachtungen in η ein Glied der Grössenordnung

$$- 12^0 \sin l'$$

geben.

Es könnte von Interesse sein, den numerischen Betrag der fraglichen Störungen zu untersuchen, wenn das Glied mit dem Argumente $-2l + 2F$ »kritisch« wird, was für $f = 0,65$ geschieht. Die Differentialgleichung für η hat nun die Form

$$\frac{d^2\eta}{dt^2} + \nu_3^2 \sin \eta \cos \eta \left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b = \frac{d^2\lambda_1}{dt^2},$$

die wir mit ziemlich genauer Approximation durch

$$\frac{d^3\eta}{dt^2} + \nu_3^2 \sin \eta \cos \eta = \frac{d^2\lambda_1}{dt} - \nu_3^2 \lambda_1 \left[\left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b - 1 \right]$$

ersetzen können.

Aus CHARLIER's oben erwähntem Aufsatz ist ersichtlich, dass man, wenn es auf der rechten Seite dieser Gleichung ein Glied giebt, für welches $\alpha^2 = \nu_3^2$, in η ein Glied mit dem Koeffizienten

$$\sqrt[3]{2L}$$

erhalten würde. Für das hier zu betrachtende Glied ist $L = + 2,3$, oder im Radius ausgedrückt $+ 0,000011$. Der Koeffizient würde also den Betrag

$$+ 1^0,6$$

erzielen und für einen k_3 -Wert in der Nähe des kritischen Punktes springt er von $- 1^0,3$ zu $+ 2^0,6$ über. Von dieser mangelhaften Betrachtungsweise kann man indessen höchstens nur eine Annäherung der Lösung verlangen.

Nach PUISEUX würde der Einfluss des fraglichen Arguments auf die Mondlibration unbedeutend sein.

24. Wird in der linken Seite der Gleichung (14) auf die Veränderungen im Radius Vektor Rücksicht genommen, so hat sie das Aussehen

$$(22) \quad \frac{d^2\Delta\eta}{dt^2} + \nu_3^2 [1 + \Sigma K_i \cos (\alpha_i n t + h)] \Delta\eta = - \Sigma L_i \sin (\alpha_i n t + h_i)$$

Wird in $\left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b$ nur das grösste Glied mitgenommen, so hat die von uns zu betrachtende Gleichung die bekannte LINDSTEDT-GYLDEN'sche Form. Wenn von der rechten Seite abgesehen wird, kann ihr Integral in der Form

$$\Delta\eta = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \kappa_i \cos [w + i(\alpha n t + h)]$$

geschrieben werden, wo

$$w = \nu_3(1 - \rho)t + a_0$$

und die Grösse ρ genähert den Wert

$$\rho = \frac{K^2 \nu_3^2}{4(4\nu_3^2 - \alpha^2 n^2)}$$

hat, wenn nicht der Quotient $\frac{\nu_3}{\alpha n}$ eine ganze Zahl ist. κ_0 und a_0 representieren Integrationskonstante und die Verhältnisse zwischen den übrigen κ_i und κ_0 sind kleine Grössen. Für das grösste Glied in $\left(\frac{a}{r}\right)^3 \cos^2 b$, welches das Argument l hat, ist

$$K = + 0,164$$

und

$$\alpha = + 0,992$$

Wenn k_3 den wahrscheinlich allzu grossen Wert 0,00118 hat, wird

$$\rho = - 0,000024$$

welche Grösse eine sehr kleine Veränderung der Periode des ersten arbiträren Gliedes hervorrufen würde. Da die Einwirkung der periodischen Glieder in dem Koeffizienten zur $\Delta\eta$ in der Gleichung (22) auf die notwendige Libration sehr verschwindend ist, kann also ihre Vernachlässigung als berechtigt betrachtet werden.

25. Wenn wir uns zu den Gleichungen wenden, welche die Lage der Drehungsachse oder die Libration in Neigung und Knoten bestimmen, so haben wir die Koeffizienten der rechten Seiten der Gleichungen (16) zu ermitteln.

Aus (18) geht nun hervor, dass die Koeffizienten E_i , F_i , G_i , und H_i , kleine Werte haben, wenn nicht das fragliche Argument in der rechten Seite einen grossen Koeffizienten hat, oder einen α -Wert besitzt, der sich σ_1 oder σ_2 nähert, d. h. nahe eins oder Null ist.

Indem man von ganz unmerklichen Gliedern u , v , p' und q' absieht, braucht man also nur diejenigen Glieder in der rechten Seite der Gleichungen in Betracht zu ziehen, deren Koeffizienten gross sind oder eine Periode besitzen, die entweder nahezu einen Monat ausmacht oder auch sehr lang ist. Wie aus Nr 15 ersichtlich ist, haben die Koeffizienten N_i die Grösse f als Faktor und P_i und Q_i können in der Form geschrieben werden

$$\begin{aligned} P_i &= P'_i + fP''_i \\ Q_i &= Q'_i + fQ''_i \end{aligned}$$

In der nachstehenden Tabelle sind die numerischen Beträge in Bogensekunden der Quantitäten M_i , N_i ; f , P' , P'' , Q' und Q'' für alle Argumente mit einem Koeffizienten grösser als $100''$ angegeben und ebenfalls für die Argumente, die vermöge der soeben erwähnten Eigenschaften Berücksichtigung verdienen, wenn sie grösser als $2''$ sind. Bei ihrer Berechnung ist der Wert $\varepsilon_0 = 1^\circ 32' 6''$ angewandt, den ja HARN für die Neigung des Mondäquators gefunden hat. Hierbei sind viele Koeffizienten mitgenommen, von denen man weiss, dass sie ohne Einfluss sind, die aber Anlass zu bemerkbaren Störungen geben würden, wenn die Trägheitsmomente solche Werte haben, dass ein Glied kritisch wird, indem Δ verschwindet.

TAB. 3.

| Argument | M | $N:f$ | P' | P'' | Q' | Q'' |
|-------------------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|
| F | -18428,1 | + 84,5 | +18354,6 | - 2,8 | + 31,5 | + 87,2 |
| $l + F$ | - 3267,2 | - 1298,1 | + 3097,0 | + 149,9 | - 152,9 | - 1148,2 |
| $-l + F$ | - 662,0 | + 1320,4 | + 808,5 | - 151,0 | + 152,3 | + 1170,5 |
| $-l + F + 2D$ | - 628,7 | - 248,6 | + 588,4 | + 30,1 | - 26,2 | - 218,5 |
| $F + 2D$ | - 514,1 | - 196,0 | + 506,1 | + 20,5 | - 27,0 | - 175,5 |
| $F - 2D$ | + 371,1 | + 158,2 | - 335,6 | - 20,9 | + 13,5 | + 138,2 |
| $2l + F$ | - 348,2 | - 204,8 | + 365,3 | + 17,4 | - 34,0 | - 187,4 |
| $l + F - 2D$ | - 108,5 | + 300,8 | + 132,5 | - 30,1 | + 34,0 | + 270,7 |
| $l + F + 2D$ | - 101,6 | - 57,4 | + 107,1 | + 4,6 | - 8,5 | - 52,9 |
| $-2l + F$ | + 70,7 | + 98,0 | + 72,4 | - 17,4 | + 0,8 | + 80,6 |
| $l' + F$ | + 18,6 | + 38,9 | - 14,6 | - 4,4 | + 4,4 | + 34,3 |
| $-2l + F + 2D$ | - 16,9 | + 8,9 | + 2,0 | + 1,5 | + 5,1 | + 10,4 |
| $l' + F - 2D$ | - 11,8 | + 9,2 | - 9,4 | - 1,3 | | + 8,0 |
| $-l' + F$ | - 10,0 | - 38,4 | + 6,2 | + 4,4 | - 4,4 | - 34,0 |
| $-l' + F - 2D$ | - 9,7 | | + 9,6 | | | |
| $3F - 2D$ | + 5,9 | + 2,5 | - 5,1 | - 0,4 | | + 2,1 |
| $2l + F - 2D$ | + 5,6 | + 38,2 | - 20,2 | - 1,5 | + 8,1 | + 36,7 |
| $l + l' + F - 2D$ | - 4,6 | + 13,7 | + 5,9 | - 1,4 | | + 12,4 |
| $F - D$ | + 4,0 | - 7,3 | - 2,3 | + 0,9 | - 2,0 | - 6,4 |
| $-l - l' + F$ | + 3,7 | - 8,4 | - 3,5 | + 1,1 | | - 7,1 |
| $2l + F - 4D$ | - 2,9 | + 4,2 | - 2,2 | - 0,7 | | + 3,5 |
| $-l + l' + F$ | - 2,8 | + 9,6 | + 2,5 | - 1,4 | | + 8,3 |

In den Tabellen 4 und 5 sind dann die mittels der Formeln (18) berechneten Werte von E_i , F_i , G_i , und H_i gegeben mit den beiden Annahmen über die Konstante f . Nur diejenigen Argumente sind mitgenommen, für welche einer der Koeffizienten grösser als $0'',5$ ist.

TAB. 4.

$$f = \frac{1}{2}$$

| Argument | E | F | G | H |
|---------------|---------|---------|----------|----------|
| F | + 44,49 | + 0,07 | - 5559,6 | + 5537,4 |
| $l + F$ | + 3,05 | - 0,61 | - 3,51 | + 1,03 |
| $-l + F$ | + 79,39 | + 96,61 | + 1,39 | - 1,20 |
| $-l + F + 2D$ | + 0,63 | - 0,12 | - 0,71 | + 0,24 |
| $F - 2D$ | + 0,81 | - 0,17 | + 2,44 | + 2,71 |
| $l + F - 2D$ | + 1,39 | + 1,93 | + 0,36 | - 0,27 |
| $-2l + F$ | + 0,14 | - 0,09 | - 0,94 | - 1,04 |

TAB. 5.

$$f = \frac{3}{4}$$

| Argument | E | F | G | H |
|---------------|---------|----------|----------|----------|
| F | + 44,49 | + 0,10 | - 5572,3 | + 5550,2 |
| $l + F$ | + 3,05 | - 0,91 | - 3,37 | + 0,74 |
| $-l + F$ | + 69,50 | + 145,27 | + 1,93 | - 1,01 |
| $-l + F + 2D$ | + 0,63 | - 0,19 | - 0,70 | + 0,19 |
| $F - 2D$ | + 0,81 | - 0,26 | + 2,71 | + 2,94 |
| $l + F - 2D$ | + 1,39 | + 2,90 | + 0,48 | - 0,27 |
| $-2l + F$ | + 0,18 | - 0,14 | + 0,14 | + 0,03 |

26. In p' und q' sind alle Glieder klein mit Ausnahme der auf dem Argumente F beruhenden, so dass die Zentralachse im Raume ausser ihrer Präzessionsbewegung nur ziemlich kleinen periodischen Schwingungen unterliegt. In u und v bekommen die Glieder mit dem Winkelabstand des Mondperigäums als Argument verhältnismässig grosse Beträge. Wenn von allen übrigen Gliedern in u und v abgesehen wird, besteht die Bewegung der Zentralachse innerhalb des Körpers im Beschreiben einer Ellipse auf der Mondfläche. Sie wird in einer Periode gleich der Umlaufzeit des Perigäums in indirekter Richtung durchlaufen und ihre Exzentrizität ist von f abhängig. Wird der Koeffizient zum Glied mit dem Argumente F in u berücksichtigt, so kann man sagen, dass die Zentralachse eine lineare Schwingungsbewegung um eine Mittellage, die auf der eben erwähnten Ellipse liegt, in einem drakonitischen Monate senkrecht zur xz -Ebene ausführt mit einer Amplitude von nahe zu $90''$.

Aus diesen Koeffizienten bekommt man mittels der in (20) gegebenen Formeln die in der folgenden Tabelle gegebenen Koeffizienten in den Ausdrücken der EULER'schen Winkel ψ und θ . Die Koeffizienten in der ersten von diesen sind mit dem Sinus des Arguments zu multiplizieren, während θ aus einer Cosinusreihe besteht.

TAB. 6.

$$f = \frac{1}{2}$$

$$f = \frac{3}{4}$$

| Argument | $\varepsilon_0(\psi + \Omega)$ | θ | $\varepsilon_0(\psi + \Omega)$ | θ |
|---------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| l | + 90,4 | + 5526,2 | + 109,8 | + 5539,0 |
| $2F$ | + 11,1 | - 88,2 | + 11,1 | - 107,4 |
| $-l + 2F$ | - 8,5 | + 11,1 | - 35,5 | + 11,1 |
| $-2l + 2F$ | - 0,9 | + 8,5 | + 0,2 | + 35,5 |
| $2F - 2D$ | + 3,1 | + 0,9 | + 3,3 | - 0,2 |
| $l - 2D$ | - 2,2 | - 3,1 | - 2,7 | - 3,3 |
| $l + 2F$ | + 0,6 | - 1,8 | + 0,7 | - 2,3 |
| $l + 2F - 2D$ | | + 0,6 | - 0,7 | + 0,7 |

Die auf Integrationskonstanten beruhenden Glieder in diesen beiden Grössen $\varepsilon_0(\psi + \Omega)$ und θ sind, wenn von gewissen sehr kleinen Quantitäten abgesehen wird,

$$\begin{aligned} & -\frac{G_1}{\sqrt{Cn}} \sin(\sigma_1 nt + \gamma_1 - F) + \frac{E_2}{2\sqrt{Cn}} \left(1 + \sqrt{\frac{f}{1+c^2}} \right) \sin(\sigma_2 nt + \gamma_2 + F) \\ & + \frac{E_2}{2\sqrt{Cn}} \left(-1 + \sqrt{\frac{f}{1+c^2}} \right) \sin(\sigma_2 nt + \gamma_2 - F) \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} & -\frac{G_1}{\sqrt{Cn}} \cos(\sigma_1 nt + \gamma_1 - F) - \frac{E_2}{2\sqrt{Cn}} \left(1 + \sqrt{\frac{f}{1+c^2}} \right) \cos(\sigma_2 nt + \gamma_2 + F) \\ & + \frac{E_2}{2\sqrt{Cn}} \left(-1 + \sqrt{\frac{f}{1+c^2}} \right) \cos(\sigma_2 nt + \gamma_2 - F). \end{aligned}$$

Der Betrag von ε_0 wird für $f = \frac{1}{2}$ gleich $5548,5''$ und $5561,3''$ für $f = \frac{3}{4}$.

Da der von uns benutzte k_1 -Wert aus einem Werte der Inklination des Mondäquators gleich $5526''$ und $f = \frac{1}{2}$ von HAYN berechnet ist, stimmt der konstante Teil von θ für diesen f -Wert mit seinen Berechnungen überein.

Der Ausdruck $-2\kappa_1 \sin u_2$ bewirkt in der Libration in Longitud die kleinen Zusatzglieder $+1,2'' \sin l$ und $+1,4'' \sin l$ für f gleich bez. $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$, welche Glieder man also zu $\Delta\eta$ zu addieren hat, um diese Libration zu erhalten.

Werden die von HAYN angewandte Definition der EULER'schen Winkel und seine bei der Bestimmung der Störungen der CASSINI'schen Gesetze benutzten Veränderlichen τ , ρ und σ mit in Betracht gezogen, so ergibt sich, dass

$$\tau = -\Delta\eta + 2\kappa_1 \sin u_2$$

und mit unseren Bezeichnungen ist

$$\theta = [\theta] + \rho \quad \text{und} \quad \psi = -\Omega - \sigma^1.$$

In der Tabelle 7 sind so die Koeffizienten in der Libration in Länge nach meinen und HAYN's Rechnungen zusammengestellt im Falle $f = \frac{1}{2}$. Der von ihm benutzte k_1 -Wert ist 0,0006256 und also sein k_3 gleich 0,0003128, während wir ja etwas grössere Werte dieser Quantitäten benutzt haben.

Tab. 7.

| Argument | $\Delta\eta - 2\kappa_1 \sin u_2$ | $-\tau$ |
|----------------|-----------------------------------|---------|
| l | + 22,6 | + 22,3 |
| $l - 2D$ | - 5,7 | - 5,6 |
| l' | - 133,7 | - 129,5 |
| $2l - 2D$ | - 13,2 | - 13,7 |
| $2F - 2D$ | - 2,5 | - 2,9 |
| $l - D$ | + 5,0 | + 5,1 |
| $2l - l' - 2D$ | - 1,0 | - 0,8 |
| $-2l + 2F$ | - 6,9 | + 20,2 |

¹ Selenogr. Koordinaten I S. 9.

Wie hieraus ersichtlich ist, lässt die Übereinstimmung wenig zu wünschen übrig mit Ausnahme des Gliedes mit dem Argument $-2l + 2F$. Die Ursache hiervon scheint indessen ein Rechenfehler in HAYN's Arbeit zu sein¹, da der Koeffizient zum Glied mit dem Argument 2ω in dem von ihm mit $[] R^{-8} \cos^2 B$ bezeichneten Ausdruck fehlerhaft ist, und zwar numerisch ungefähr dreimal zu gross. Ausserdem habe ich entgegengesetzte Zeichen für ihn. Da HAYN von seinen oben angeführten Koeffizienten ausgeht, um die Lage seiner Mondflecke und die Rotationselemente zu ermitteln, dürften seine Resultate von dieser Fehlrechnung beeinflusst sein.

Zum Vergleich mit den in Tab. 6 für $f = \frac{1}{2}$ aufgeschriebenen Koeffizienten in der Libration in Breite gebe ich in der folgenden Tabelle auch die von HAYN gefundenen entsprechenden Grössen wieder.

TAB. 8.

| Argument | $[6](\psi + \Omega)$ | ρ |
|------------|----------------------|--------|
| l | + 89,5 | — 87,4 |
| $2F$ | + 11,0 | — 11,0 |
| $l + 2F$ | — 7,6 | + 7,6 |
| $-2l + 2F$ | — 1,6 | + 1,6 |
| $2F - 2D$ | + 3,1 | — 3,1 |
| $l - 2D$ | — 1,9 | — 1,9 |

In Anbetracht dessen, dass wir nicht ganz denselben k_1 -Wert wie HAYN und etwas verschiedene Ausdrücke der Mondkoordinaten benutzt haben, ist die Übereinstimmung gut mit Ausnahme des Argumentes $-2l + 2F$, dessen Koeffizienten auch hier von den von mir gefundenen etwas abweichen.

Wenn der α -Wert eines Argumentes gleich σ_1 oder σ_2 wird, ist unser Integrationsverfahren nicht mehr gültig, sondern es müssen höhere Glieder in der Störungsfunktion berücksichtigt werden. Unbedeutende Ungleichheiten in der Breite des Mondes können grosse Glieder in der Libration in Breite veranlassen, falls σ_1 oder σ_2 solche kritische Werte haben. So würden, wenn σ_1 gleich der mittleren Bewegung der Winkelgrösse F d. h. k_1 von der Grössenordnung

$$0,0027$$

wäre, die F entsprechenden Koeffizienten in p' und q' grosse Werte erzielen, was folglich auch mit der Neigung des Mondäquators der Fall sein würde.

Die bei der Untersuchung der kritischen Glieder in der Libration in Latitud zu betrachtenden Differentialgleichungen sind aber weit komplizierter als die bei der Libration in Longitud.

¹ Selenogr. Koordinaten I S. 22.

VI.

Herleitung der Bewegungsgleichungen der Drehung eines Körpers von veränderlicher Form mit Anwendung der Methode der Variation der Konstanten.

28. Die Theorie der Rotationsbewegung des Mondes ist bisher unter der Voraussetzung einer völligen Starrheit des Mondkörpers durchgeführt worden. Wie in Nr 4 erwähnt wurde, hat PUISEUX aus einigen von ihm gefundenen Gliedern in der physischen Libration den Schluss gezogen, es sei wahrscheinlich, dass der Mond nicht wie ein fester Körper rotiere, sondern dass die von der Erde und der Sonne verursachten Gezeitenkräfte eine ganz bedeutende Einwirkung auf die Rotationsgeschwindigkeit und die Richtung der Drehungsachse bewirken.

Bekanntlich ist die Bewegung der Drehachse der Erde unter Annahme eines elastischen Erdkörpers von verschiedenen Forschern untersucht worden. Die dabei auftretenden Zusatzglieder in der Präzession und Nutation der Erde sind aber sehr unbedeutend. Es scheint auch a priori nicht sehr wahrscheinlich, dass die Gezeitenkräfte, die auf den Mond ausgeübt werden, ausreichen, um die PUISEUX'schen Glieder in der Libration zu erklären, auch wenn die Existenz einer in dem Inneren des Mondes befindlichen Flüssigkeit angenommen wird. Das Problem verdient indessen untersucht zu werden und in dem Folgenden werde ich die charakteristische Funktion ableiten, zu welcher man geführt wird, wenn man die Drehungsbewegung eines veränderlichen Körpers nach der Methode der Variation der Konstanten untersuchen will, und zwar wenn die Veränderungen klein sind.

29. Wir kehren zu den in Nr 6 definierten Koordinatensystemen zurück und nennen die Trägheitsmomente um die Achsen weiterhin Ox , Oy und Oz , bez. A , B und C und die entsprechenden Trägheitsprodukte d , e und f .

Da die Form des Rotationskörpers jetzt kleinen periodischen Variationen unterworfen ist, sind die Hauptachsen nicht im Körper fest, sondern oszillieren um eine Mittellage. Wir lassen jetzt die im Körper festen Koordinatenachsen x , y und z mit der durchschnittlichen Lage der Hauptachsen zusammenfallen und werden diejenige Gestalt des Rotationskörpers, die dem Zustand entspricht, wenn die Hauptachsen ihre Mittellage einnehmen, als die ungestörte Gestalt auffassen. Im ungestörten Zustand sind also die Trägheitsmomente in Bezug auf diese Koordinat-

achsen Hauptträgheitsmomente und die Trägheitsprodukte gleich Null. Wir nennen diese Hauptträgheitsmomente des ungestörten Körpers A_0 , B_0 und C_0 und schreiben

$$A = A_0 + a, \quad B = B_0 + b, \quad C = C_0 + c$$

wobei wir a , b , c , d , e und f als kleine periodische Funktionen der Zeit, welche aus der Theorie der Gezeitendeformationen zu berechnen sind, betrachten werden.

Zwischen a , b und c werden wir die Relation $a + b + c = 0$ annehmen.

Indem ω_1 , ω_2 und ω_3 die Rotationskomponenten um die mit dem Körper fest verbundenen Achsen bezeichnen und

$$\alpha = \int \left(y \frac{dz}{dt} - z \frac{dy}{dt} \right) dm, \quad \beta = \int \left(z \frac{dx}{dt} - x \frac{dz}{dt} \right) dm, \quad \gamma = \int \left(x \frac{dy}{dt} - y \frac{dx}{dt} \right) dm,$$

ist die lebendige Kraft des Körpers, wenn von der Bewegung des Schwerpunktes im Raume abgesehen wird,

$$T = \frac{1}{2} A \omega_1^2 + \frac{1}{2} B \omega_2^2 + \frac{1}{2} C \omega_3^2 - d \omega_2 \omega_3 - e \omega_1 \omega_3 - f \omega_1 \omega_2 + \alpha \omega_1 + \beta \omega_2 + \gamma \omega_3.$$

Der von den Grössen α , β und γ herrührende Einfluss auf die lebendige Kraft erschwert die Behandlung des allgemeinen Problems ein wenig. GYLDÉN¹ hat bei einer Untersuchung des entsprechenden Problems für die Erde die Bewegung seiner beweglichen Koordinatenachsen so bestimmt, dass diese Grössen Null sind. Die von der Gezeitenwirkung herrührenden Beträge dieser Quantitäten sind aber sehr unbedeutend und wir wollen sie deshalb ganz vernachlässigen.

Wir werden nun weiterhin die EULER'schen Winkel als q -Koordinaten benutzen, um die Bewegungsgleichungen in kanonischer Form zu schreiben, und in Aubetracht der Relationen (1) erhalten wir für die entsprechenden p -Koordinaten die Ausdrücke

$$\begin{aligned} p_1 &= -e \omega_1 - d \omega_1 + C \omega_3 \\ p_2 &= -(A \cos \varphi + f \sin \varphi) \omega_1 + (B \sin \varphi + f \cos \varphi) \omega_2 + (e \cos \varphi - d \sin \varphi) \omega_3 \\ p_3 &= (A \sin \varphi \sin \theta + e \cos \theta - f \cos \varphi \sin \theta) \omega_1 + \\ &\quad + (B \cos \varphi \sin \theta + d \cos \theta - f \sin \varphi \sin \theta) \omega_2 - \\ &\quad - (C \cos \theta + d \cos \varphi \sin \theta + e \sin \varphi \sin \theta) \omega_3. \end{aligned}$$

Werden diese Gleichungen in Bezug auf ω_1 , ω_2 und ω_3 aufgelöst und wird die lebendige Kraft in den EULER'schen Winkel und den p_i ausgedrückt, so nimmt sie die folgende Form an, wenn nur die erste Potenz der kleinen Grössen a , b , c , d , e und f mitgenommen wird

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2A} \left[(p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\sin \varphi}{\sin \theta} - p_2 \cos \varphi \right]^2 + \frac{1}{2B} \left[(p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\cos \varphi}{\sin \theta} + p_2 \sin \varphi \right]^2 + \frac{p_1^2}{2C} \\ &\quad + \frac{f}{A_0 B_0} \left[(p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sin^2 \theta} + p_2 (p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\sin^2 \varphi - \cos^2 \varphi}{\sin \theta} - p_3^2 \sin \varphi \cos \varphi \right] \\ &\quad + \frac{e}{A_0 C_0} \left[p_1 (p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\sin \varphi}{\sin \theta} - p_1 p_2 \cos \varphi \right] \\ &\quad + \frac{d}{B_0 C_0} \left[p_1 (p_1 \cos \theta + p_3) \frac{\cos \varphi}{\sin \theta} + p_1 p_2 \sin \varphi \right]. \end{aligned}$$

¹ Recherches sur la rotation de la terre, Uppsala 1871.

Es sei nur ein störender Körper betrachtet und ξ , η und ζ seine Koordinaten in Bezug auf das mit dem Körper festverbundene Koordinatensystem. Dann ist das Potential der äusseren Kräfte bis auf Glieder zweiter Ordnung entwickelt

$$U = \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} \left[\frac{\xi^2}{3} (B + C - 2A) + \frac{\eta^2}{3} (C + A - 2B) + \frac{\zeta^2}{3} (A + B - 2C) + 2d\eta\zeta + 2e\xi\zeta + 2f\xi\eta \right].$$

Oder wenn wir $k_1 = \frac{C_0 - A_0}{A_0}$ und $k_2 = \frac{C_0 - B_0}{B_0}$ einführen, und die Winkel, die der Radius Vektor r des störenden Körpers mit den x -, y - und z -Achsen bildet, mit bez. α , β und γ bezeichnen.

$$(21) \quad U = \frac{3}{2} \frac{\mu}{r^3} \left[k_1 A_0 \cos^2 \alpha + k_2 B_0 \cos^2 \beta - a \cdot \cos^2 \alpha - b \cdot \cos^2 \beta - c \cdot \cos^2 \gamma + 2d \cdot \cos \beta \cos \gamma + \right. \\ \left. + 2e \cdot \cos \alpha \cos \gamma + 2f \cdot \cos \alpha \cos \beta \right].$$

Die Bewegungsgleichungen lauten nun wie vorher

$$\frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad \frac{dp_i}{dt} = - \frac{\partial H}{\partial q_i}$$

wo H gleich $T - U$ ist.

30. Offenbar kann man auch hier dieselbe intermediäre Bewegungsform wie vorher benutzen, d. h. die Rotation eines festen kugelförmigen Körpers, und wir erhalten dann die in Nr 7 aufgeschriebenen Ausdrücke unserer zu bestimmenden Veränderlichen als Funktionen der Zeit und der sechs Integrationskonstanten α_i und u_i ($i = 1, 2, 3$). Nur hat man C gegen C_0 auszutauschen.

Indem die lebendige Kraft in dem als Veränderliche betrachteten α_i und u_i ausgedrückt wird, nimmt sie das Aussehen an

$$T = \frac{\alpha_2^2}{2C_0} + k_1 \frac{\alpha_2^2 - \alpha_1^2}{2C_0} \sin^2 u_1 + k_2 \frac{\alpha_2^2 - \alpha_1^2}{2C_0} \cos^2 u_1 - \\ - \frac{a}{2C_0^2} (\alpha_2^2 - \alpha_1^2) \sin^2 u_1 - \frac{b}{2C_0^2} (\alpha_2^2 - \alpha_1^2) \cos^2 u_1 - \frac{c}{2C_0^2} \alpha_1^2 - \\ - \frac{f}{C_0^2} (\alpha_2^2 - \alpha_1^2) \sin u_1 \cos u_1 + \frac{e}{C_0^2} \alpha_1 \sqrt{\alpha_2^2 - \alpha_1^2} \sin u_1 - \frac{d}{C_0^2} \alpha_1 \sqrt{\alpha_2^2 - \alpha_1^2} \cos u_1$$

wo in den wegen der Elastizität des Rotationskörpers auftretenden kleinen Zusatzgliedern die kleinen Quantitäten k_1 und k_2 vernachlässigt sind. Das Potential in diesen Variablen auszudrücken ist auch eine leichte Aufgabe, da die Richtungscosinus in diesen Variablen von CHARLIER und ZINNER gegeben sind.

Wir wollen indessen, indem wir vor allem an die Mondrotation denken, die charakteristische Funktion in den Variablen ξ_1 , η_1 , u , v , p und q entwickeln¹. Werden nur die zwei ersten Potenzen von u , v , p und q berücksichtigt, so wird für die lebendige Kraft in diesen Veränderlichen der Ausdruck

¹ Vgl. S. 15.

$$(22) \quad T = \frac{1}{2C_0} (\xi_1^2 + k_1 \xi_1 v^2 + k_2 \xi_1 u^2) - \\ - \frac{1}{2C_0^2} [a \xi_1 v^2 + b \xi_1 u^2 + c \xi_1^2 - c \xi_1 (u^2 + v^2) + 2d \xi_1^{3/2} u + 2e \xi_1^{3/2} v - 2f \xi_1 uv]$$

erhalten.

Da die Potentialfunktion jetzt ausser den Quadraten auch von den zweigliedrigen Produkten der Richtungs cosinus abhängig ist, müssen diese gebildet werden. Wenn nur Glieder bis zur zweiten Potenz von u , v , p und q mitgenommen werden, so ergeben sich für sie die folgenden Ausdrücke

$$(23) \quad \cos \beta \cos \gamma = \cos^2 b \left\{ \sin^2 \eta_1 \frac{u}{\sqrt{\xi_1}} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \frac{v}{\sqrt{\xi_1}} - \sin \eta_1 \frac{q}{\sqrt{\xi_1}} \right\} + \\ + \sin^2 b \left\{ -\cos \eta_1 \frac{p}{\sqrt{\xi_1}} + \sin \eta_1 \frac{q}{\sqrt{\xi_1}} - \frac{u}{\sqrt{\xi_1}} \right\} + \\ + \cos b \sin b \left\{ -\cos^2 \eta_1 \frac{vp}{\xi_1} + \sin^2 \eta_1 \frac{vp + 2uq}{\xi_1} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \frac{2(vq - up)}{\xi_1} + \right. \\ \left. + \cos \eta_1 \frac{3(-uv + pq)}{2\xi_1} + \sin \eta_1 \left(1 - \frac{4u^2 + v^2 + p^2 + 4q^2}{2\xi_1} \right) \frac{2uq}{\xi_1} \right\};$$

$$(24) \quad \cos \alpha \cos \gamma = \cos^2 b \left\{ \cos^2 \eta_1 \frac{v}{\sqrt{\xi_1}} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \frac{u}{\sqrt{\xi_1}} - \cos \eta_1 \frac{q}{\sqrt{\xi_1}} \right\} + \\ + \sin^2 b \left\{ \cos \eta_1 \frac{q}{\sqrt{\xi_1}} + \sin \eta_1 \frac{p}{\sqrt{\xi_1}} - \frac{v}{\sqrt{\xi_1}} \right\} + \\ + \cos b \sin b \left\{ \cos^2 \eta_1 \frac{2vq - up}{\xi_1} + \sin^2 \eta_1 \frac{up}{\xi_1} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \frac{2(uq + vp)}{\xi_1} + \right. \\ \left. + \cos \eta_1 \left(1 - \frac{u^2 + 4v^2 + p^2 + 4q^2}{2\xi_1} \right) - \sin \eta_1 \frac{3(uv + pq)}{2\xi_1} + \frac{2vq}{\xi_1} \right\};$$

$$(25) \quad \cos \alpha \cos \beta = \cos^2 b \left\{ \cos^2 \eta_1 \frac{-uv + pq}{2\xi_1} - \sin^2 \eta_1 \frac{uv + pq}{2\xi_1} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \left(1 - \frac{u^2 + v^2 + 2q^2}{2\xi_1} \right) + \cos \eta_1 \frac{uq}{\xi_1} + \sin \eta_1 \frac{vq}{\xi_1} \right\} + \\ + \sin^2 b \left\{ -\cos^2 \eta_1 \frac{pq}{\xi_1} + \sin^2 \eta_1 \frac{pq}{\xi_1} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \frac{-p^2 + q^2}{\xi_1} + \right. \\ \left. + \cos \eta_1 \frac{-uq + vp}{\xi_1} - \sin \eta_1 \frac{up + vq}{\xi_1} + \frac{uv}{\xi_1} \right\} + \\ + \cos b \sin b \left\{ -\cos^2 \eta_1 \frac{p}{\sqrt{\xi_1}} + \sin^2 \eta_1 \frac{p}{\sqrt{\xi_1}} + \cos \eta_1 \sin \eta_1 \frac{2q}{\sqrt{\xi_1}} - \cos \eta_1 \frac{u}{\sqrt{\xi_1}} - \right. \\ \left. - \sin \eta_1 \frac{v}{\sqrt{\xi_1}} \right\}.$$

Die charakteristische Funktion hat die Form

$$H = T - U + [\tfrac{1}{2}(p^2 + q^2) - \xi_1] \frac{d\lambda}{dt}$$

wo T aus (22) gegeben ist, und in dem Ausdruck (21) für U hat man die Quadrate und die Produkte der Richtungscosinus einzuführen. Jene sind, wie erwähnt, von CHARLIER und ZINNER¹ entwickelt und für diese haben wir die in (23), (24) und (25) aufgeschriebenen Ausdrücke.

Wird die Einwirkung von mehr als einem störenden Körper berücksichtigt, so wird die Potentialfunktion eine Summe von Ausdrücken der Form (21). Dabei muss man den Umstand beachten, dass die Variablen p und q von der Länge eines der störenden Körper abhängig sind, so dass diese Entwicklungen der Quadrate und Produkte der Richtungscosinus dabei nicht ohne weiteres benutzt werden können.

Die Bewegungsgleichungen der Drehung des veränderlichen Körpers sind wie vorher

$$\begin{aligned} \frac{d\xi_1}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial \eta_1}, & \frac{d\eta_1}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial \xi_1} \\ \frac{du}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial v}, & \frac{dv}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial u} \\ \frac{dp}{dt} &= \frac{\partial H}{\partial q}, & \frac{dq}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial p}. \end{aligned}$$

Zuletzt ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor C. V. L. CHARLIER, für das lebhafte Interesse, das er meinen Studien stets gewidmet hat, meiner wärmsten Dank auszusprechen. Insbesondere muss ich ihm für die grosse Hilfe herzlich danken, die er dieser Arbeit dadurch angedeihen ließ, daß er mir einige Vorlesungsmanuskripte über diesen Gegenstand zur Verfügung stellte.

Auch meinem Freunde Mag. Phil. S. NYDELL, der mich bei einigen der numerischen Rechnungen unterstützt hat, habe ich meinen besten Dank auszusprechen.

¹ Meddelande N:r 33.

Berichtigungen.

| | | | | |
|----------------------------|--------------|---|--------------|---|
| Seite 13, Zeile 1 v. unten | <i>statt</i> | $\beta_s =$ | <i>lies:</i> | $\beta_s +$ |
| » » » » » | | $(\alpha_1 + \alpha_1 \cos \theta) d\theta$ | » | $(\alpha_3 + \alpha_1 \cos \theta) d\theta$ |
| » 14 » 2 v. oben | | $\frac{\alpha_1}{C} t$ | » | $\frac{\alpha_2}{C} t$ |
| » » » 11 » » | | ψ | » | φ |
| » » » 10 » unten | | α_3, u_1 | » | α_3, u_3 |
| » » » 1 » » | | $(-1)^s$ | » | $(-1)^{s+1}$ |
| » 15 » 12 » » | | $-u_2$ | » | $-u_3$ |
| » 18 » 10 » oben | | $2p' v \cos \lambda_1$ | » | $2q' v \cos \lambda_1$ |
| » 19 » 6 » » | | $\frac{B}{Cn}$ | » | $\frac{B}{2V \overline{Cn}}$ |
| » 20 » 1 » » | | $\frac{3A}{4(Cn)^{3/2}} v_2^2$ | » | $\frac{A}{4(Cn)^{3/2}} v_1^2$ |
| » 22 » 11 » » | | μ | » | η |
| » » » 9 » unten | | $(1 + c^2 k_1)$ | » | $-(1 + c^2 k_1)$ |
| » 27 » 16 » » | | E | » | F |
| » » » 13 » » | | $-(1 + c^2 k_1)$ | » | $-(1 + c^2) k_1$ |
| » 33 » 3 » » | | \sin | » | \cos |

Seiten 38 und 43, in den Tabellen 2 und 7 *statt* $2l - l' - 2D$ *lies:* $2l + l' - 2D$

Seiten 38 und 43, in den Tabellen 2 und 7 *statt* $2l - l' - 2D$ *lies:* $2l + l' - 2D$

ÜBER
PARTHENOGENESIS IN DER GRUPPE APHANES
DER GATTUNG ALCHEMILLA

NEBST

EINIGEN IM ZUSAMMENHANG DAMIT STEHENDEN FRAGEN

VON

GEORG BÖÖS

MIT 17 FIGUREN IM TEXTE



LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft am 15. Februar 1917 vorgelegt.

LUND 1917
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Vor einigen Jahren arbeitete Professor Sv. MURBECK mit einer morphologischen Untersuchung über die Gattung *Alchemilla* (MURBECK 1915). Er fand dabei auch, dass mehrere der Sektion *Aphanes* angehörige amerikanische Arten schlechten oder sogar untauglichen Pollen haben, aber doch eine reichliche Fruchtbildung darbieten. Infolge dessen glaubte er vermuten zu können, dass der Embryo sich ohne vorhergehende Befruchtung, und zwar auf dieselbe Weise wie bei den früher von ihm untersuchten Eualchemillen, entwickle. Auf seine Anregung habe ich deshalb zwei amerikanische, im botanischen Garten zu Lund kultivierte Repräsentanten der Sektion *Aphanes* einer cytologischen Untersuchung unterworfen, um zu erforschen, wie der Embryo entsteht.

Die eine Art ist *Alchemilla orbiculata* Ruiz et Pav., die lebend aus dem botanischen Garten in Bremen erhalten wurde, wo sie aus Samen von Mexiko aufgezogen war; die andere ist unter dem Namen *A. vulcanica* Cham. et Schl. von dem botanischen Garten zu Edinburgh gekommen. Da ich nicht Gelegenheit gehabt habe, die Bestimmung der letzteren Art mit Sicherheit zu verifizieren, dürfte es geeignet sein, durch folgende Angaben dieselbe zu charakterisieren. Sie stimmt zunächst mit *A. tripartita*, G. MANDON, Pl. Andium Bolivien sium N:r 663 (p. p.), mit *A. sibbaldiaeifolia* H. B. K., PRINGLE, Pl. Mexicanæ a. 1888 N:r 1598 (non N:r 4935) und mit *A. procumbens* ROSE n. sp., PRINGLE Pl. Mexicanæ a. 1894 N:r 4936 et 1905 N:r 10046. Der Wuchs ist aufsteigend, die Blätter sind fussförmig geteilt, ungefähr so wie bei *Helleborus niger*, und die Blüten verhältnismässig gross. Ausserdem muss besonders hervorgehoben werden, dass der Aussenkelch auch inwendig behaart ist, was zugleich auch für die drei eben erwähnten einander sehr nahe stehenden Formen bezeichnend ist.

Für die Bereitwilligkeit, womit Professor MURBECK mir Material und Litteratur zur Verfügung gestellt hat, sowie für alle Hülfe und alle wertvollen Ratschläge, die er mir bei meiner Arbeit gegeben hat, möchte ich ihm hier meinen herzlichen und ehrerbietigen Dank aussprechen.

Auch meinem Freunde Rektor G. RÅDSTRÖM, der mir stets die grösste Hülfe beim Anschaffen der notwendigen Litteratur geleistet, und der auch meine Arbeit in deutsche Sprache übersetzt hat, sage ich für diese wertvolle Unterstützung meinen besten Dank.

Methodik.

Als Fixiermittel ist meistens FLEMMING's Lösung gebraucht worden, die sehr guten Erfolg gegeben hat; doch werden Eier in älteren Stadien sehr hart. Nach Fixierung mit Sublimatalkohol sind aber Eier in solchen Stadien leichter zu schneiden gewesen. Nach Anwendung des ersteren Fixiermittels habe ich entweder mit HAIDENHAIN's Hæmatoxylin oder mit Safranin-Gentianaviolett gefärbt und nach Anwendung des letzteren mit Fuchsin-Jodgrün.

Die Haare des Aussenkelchs, besonders wenn sie, wie bei *Alchemilla vulcanica*, auch an dessen Innenseite vorkommen, verursachen bei dem Herstellen der Mikrotomschnitte recht viel Mühe und Verdruss, indem die Schnitte zerfetzt werden und leicht von einander loslassen. Das Darstellen einer zusammenhängende Reihe ist somit hier in hohem Grade erschwert. Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen hat es sich deshalb als vorteilhaft erwiesen, nach Fixierung und Alkoholbehandlung die Pistille herauszupräparieren und danach jedes einzelne für sich zu schneiden.

Das sporogene Gewebe und dessen Entwicklung.

Durch MURBECK's Arbeiten »Om vegetativ embryobildning hos flertalet Alchemillor» (1897) und »Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung Alchemilla» (1901) kennen wir, dass zahlreiche zu der Sektion *Eualchemilla* gehörende Arten den Embryo ohne vorhergehende Befruchtung ausbilden. Die letztere dieser Arbeiten, welche die cytologischen Beweise enthält, dass Parthenogenesis vorliegt, veranlasste STRASBURGER (1904), den Eualchemillen eine wiederholte gründliche Untersuchung zu unterwerfen. In der Hauptsache kam er indessen dabei zu ganz demselben Resultat wie MURBECK. In gewissen Punkten, z. B. betreffs des Ursprungs des Embryosacks, hat er jedoch eine abweichende Meinung ausgesprochen. Ich habe es mir deshalb angelegen sein lassen, besonders diese letztere Frage zu entscheiden, die von grosser prinzipieller Bedeutung ist. Demnach habe ich mich nicht nur darauf beschränkt, Parthenogenesis bei den beiden amerikanischen Arten, die meine Untersuchung umfasst, festzustellen, sondern ich habe auch den früheren Ent-

wicklungsstadien eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Freilich bieten die fraglichen Arten, die, wie schon erwähnt, zu der Sektion *Aphanes* gehören (MURBECK, 1915), ein recht ungünstiges Material. Während die Eualchemillen verhältnismässig grosse Blüten mit einem, höchstens zwei, Pistillen haben, gibt es bei den ebenerwähnten in ihren kleineren Blüten gewöhnlich 4—5, welche Zahl bei gewissen andinen Arten bis zu 10 steigen kann (1915, p. 15). Die Samenanlagen sind in entsprechendem Grade klein, weshalb es mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, über ihren Bau ins klare zu kommen. Zu rein cytologischen Studien laden sie deshalb auch nicht ein.

Wie bei den Eualchemillen ist das Archespor bei *A. orbiculata* und *A. vulcanica* mehrzellig. Wie viele Zellen hinzuzurechnen sind, ist auf den frühesten Stadien schwer festzustellen, da die Zellen weder durch ihre äussere Form, noch durch die Beschaffenheit des Inhalts und die Grösse des Kerns von den zunächst umliegenden subepidermalen Elementen abweichen (s. Fig. 1). Erst ihre spätere Entwicklung verrät ihre Natur als Archesporzellen oder Initialzellen, wie MURBECK



Fig. 1.

A. orbiculata. Medianer Längsschnitt durch die Samenanlage. Die 3 mit Inhalt gezeichneten Zellen sind Archesporzellen. Vergrösserung 550.

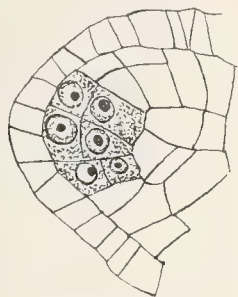


Fig. 2.

A. orbiculata. Medianer Längsschnitt. Die 3 Archesporzellen haben eine Tapetenzelle abgegeben. Vergrösserung 550.

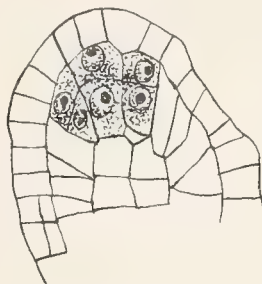


Fig. 3.

A. vulcanica. Medianer Längsschnitt. Die axile Embryosackmutterzelle ist etwas grösser als die übrigen. Vergrösserung 550.

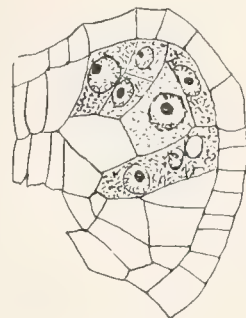


Fig. 4.

A. orbiculata. Medianer Längsschnitt. Die axile Zelle wächst noch mehr zu. Vergrösserung 550.

sie lieber nennt. Infolge der kleineren Dimensionen der ganzen Samenanlage ist es natürlich, dass sie nicht so zahlreich sind wie bei den ebenerwähnten, bei welchen MURBECK 12—16 gefunden hat (1901, p. 9).

Die Archesporzellen entwickeln sich auf ganz dieselbe Weise, wie sie MURBECK (1901, p. 9 ff.) bei den Eualchemillen beschrieben hat. Über diesen Verlauf kann ich mich deshalb kurz fassen. Zunächst teilen sich die erwähnten Elemente durch perikline Wände, so dass eine aus niedrigen Zellen bestehende Tapetenschicht entsteht (s. Fig. 2, 3 und 4). Die Tapetenzellen teilen sich weiter sowohl durch perikline als antikline Wände (s. Fig. 4, 5 und 6), und die Epidermiselemente verhalten sich nachher auf dieselbe Weise, so dass ein ganzer Gewebekomplex oberhalb der sporogenen Zellen gebildet wird (s. Fig. 8). — Die durch die Teilung der Initialzellen entstandenen Embryosackmutterzellen, wenigstens die mehr central liegenden, teilen sich, die axile ausgenommen, in 2 primäre Tochterzellen (s. Fig. 5). Von den zahlreichen Präparaten, die ich von diesen Entwicklungsstadien habe, gibt es nur

zwei, in welchen die sich nicht teilende Embryosackmutterzelle eine andere als die axile gewesen ist, nämlich eine danebenliegende. In der Regel ist es also die axile, die keiner Teilung unterzogen ist. Von den zwei Tochterzellen kann entweder die obere (Fig. 6) oder die untere oder sogar beide sich weiter teilen, so dass sporogene Zellenreihen von 3—4 Zellen zu Stande kommen (s. Fig. 7, 8, 9 und 10).

Wie schon hervorgehoben worden ist, bestehen die Samenanlagen der von mir untersuchten Arten aus einem sehr kleinzelligen Gewebe. Es ist deshalb nicht möglich gewesen, die Anzahl der Chromosomen bei den eben genannten Embryosackmutterzellen zu bestimmen. Die Schwierigkeiten werden dadurch noch mehr vergrößert, dass diese Zahl sehr gross erscheint. Ob die Teilung mit oder ohne Chromosomenreduktion vor sich geht, habe ich also nicht entscheiden können. Ich ziehe

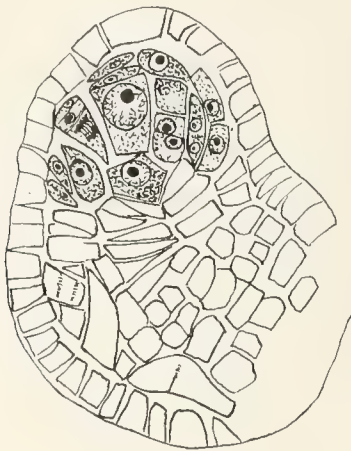


Fig. 5.

A. vulcanica. Medianer Längsschnitt. Die Embryosackmutterzelle links von der Axilen befindet sich in Teilung. Von zwei Schnitten kombiniert. Vergrößerung 550.

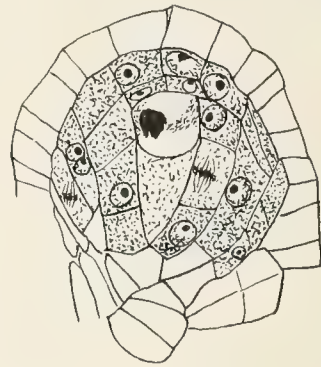


Fig. 6.

A. vulcanica. Medianer Längsschnitt. Die obere primäre Tochterzelle rechts von der Axilen befindet sich in Teilung. Vergrößerung 550.

aber den Schluss, dass dies nicht der Fall ist, teils und zwar vor allem daraus, dass ich nie die fraglichen Zellen in die für die Reduktionsteilung bezeichnenden Vorstadien eintreten gefunden habe, teils aber auch daraus, dass nach MURBECK (1901, p. 21) und STRASBURGER (1904, p. 105) keine Reduktion in den entsprechenden Zellen der parthenogenetischen Eualchemillen stattfindet. *A. orbiculata* und *vulcanica* stimmen aber, wie wir aus dem Folgenden ersehen werden, in so vielen andern Beziehungen mit den letzteren überein, dass man mit grösster Sicherheit annehmen kann, dass sie ihnen auch in der hier abgehandelten Beziehung gleichen.

Da die Embryosackmutterzellen sich also auf dieselbe Weise teilen wie rein vegetative Zellen, meint STRASBURGER (1904, p. 107) hier mit einer rein vegetativen Vermehrung der Zellen der Mutterpflanze zu tun zu haben. Er sagt: »MURBECK will des weiteren den Teilungsvorgang dieser Zellen als Tetradenbildung, die Produkte der Teilung als Makrosporen aufgefasst sehen, was wiederum schlecht zu deren vegetativer Entstehung passt. Bei der Tetradenbildung handelt es sich um

einen generativen Vorgang, während dieser hier sich als vegetativer zu erkennen giebt; die Tetradenbildung leitet eine neue Generation ein, während hier eine vegetative Vermehrung von Zellen des mütterlichen Organismus vorliegt». Dass diese Teilungen mit der Tetradenteilung der Pollenmutterzellen homolog sind, hat, wie aus dem Oben-erwähnten erscheint, schon MURBECK (1901, p. 18) hervorgehoben. Es ergibt sich dies auch bei einer vergleichenden Auseinandersetzung mit der grössten Deutlichkeit. In einer Anthere teilt sich die hypodermale Zellschicht in dem zu Pollensäcken auswachsenden Gewebe durch tangentialen Wände in zwei Schichten, eine innere und eine äussere, von welchen die erstere das Archespor ist und die letztere den Ursprung der 2—4 Zwischenschichten bildet, deren innerste Zellen zum Tapetum entwickelt werden. Die Archesporzellen sind gewöhnlich direkter Tetradenteilung unterzogen, wobei die Chromosomen auf die halbe Anzahl reduziert werden. In der jungen Samenanlage der Alchemillen liegt unter der Epidermis eine Schicht von Zellen, deren Elemente wir früher Archesporzellen oder Initialzellen genannt haben. Diese teilen sich durch tangentialen Wände, wie die hypodermale Zellenlage der Staubbeutel, in zwei Schichten, eine innere und eine äussere. Die äussere teilt sich weiter und entspricht den Mittelschichten der Staubbeutel nebst dem Tapetum. Die Zellen der inneren Schicht teilen sich, die axile ausgenommen, in vier neue, von welchen, wie ich später zeigen werde, jede zum Embryosack ausgebildet werden kann. Diese Embryosackmutterzellen entsprechen also den Pollenmutterzellen, ihre Teilung der Tetradenteilung derselben, und die entstandenen Produkte können mit gutem Fug Makrosporen genannt werden. STRASBURGER giebt auch zu, obgleich in einem andern Zusammenhang, dass zwischen der axilen und den neben derselben liegenden Embryosackmutterzellen keine prinzipielle Verschiedenheit existiert. Der einzige Unterschied zwischen den Pollen- und den Embryosackmutterzellen liegt darin, dass die letzteren sich ohne Reduktion der Chromosomen teilen. Das Ausbleiben der Chromosomreduktion ist doch nicht von der Bedeutung, die STRASBURGER demselben beilegt, was sich daraus ergibt, dass unter gewissen Umständen bei den Eualchemillen eine oder sogar einige dieser Zellen die Vorstadien heterotypischer Teilung durchgehen können. Wären es rein vegetative Zellen, würde dies unbegreiflich sein. STRASBURGER'S Standpunkt ist demzufolge unhaltbar.

Wir kehren aber zu dem sporogenen Gewebe zurück, um zu untersuchen, wie sich die axile Embryosackmutterzelle verhält. Anfänglich ist sie den zunächst liegenden Zellen gleich und unterscheidet sich weder durch die Beschaffenheit des Cytoplasmas noch des Kerns von diesen (s. Fig. 2). Aber je nachdem die daneben befindlichen Zellen sich zu teilen anfangen und der ganze Nucellus in Umfang zunimmt, dehnt sich die axile ungeteilt bleibende Zelle in entsprechendem Masse sowohl in die Länge als in die Breite aus. Der Kern wird gross, und sowohl dieser als die Zelle überhaupt erscheint ärmer an Inhalt als die übrigen (s. Fig. 4 und 5). Immer mehr nimmt sie an Grösse zu, der Nucleolus des Kerns legt sich excentrisch, und die Chromatinsubstanz zieht sich um denselben zusammen, so dass diese wie eine unregelmässig gebildete Masse mit langen

fadenähnlichen Auswüchsen erscheint. Die Zelle ist in Synapsis eingetreten (s. Fig. 6). MURBECK (1901, p. 13 f.) hat dieses Stadium ausführlich beschrieben (l. c., Taf. I och II, Fig. 12—24). Aus seinen Bildern geht ausserdem hervor, dass, wie oben erwähnt worden ist, nebst der axilen Zelle zuweilen auch eine der angrenzenden Embryosackmutterzellen einen Ansatz zu Reduktionsteilung aufweisen kann, indem sie in Synapsisstadium übergeht. STRASBURGER (l. c., p. 109 und Taf. II, Fig. 28) hat bis zu vier Archesporzellen auf einmal in Synapsis gesehen. Bei den zwei amerikanischen Arten, die meine Untersuchung umfasst hat, habe ich nur an einem Präparat zwei Zellen in ebenerwähntem Stadium gesehen, obgleich ich viele Schnittserien von geeignetem Alter geprüft habe. Dies trifft also nur ausnahmsweise bei ihnen zu, und auch bei den Eualchemillen ist es keineswegs gewöhnlich. Aber auch unzweifelhafte Deckzellen hat MURBECK (l. c., Taf. II, Fig. 20, 21 und 23) in solch einem synapsisähnlichen Zustand gesehen, und infolgedessen hält er es für zweifelhaft, dass die grosse axile Zelle sich wirklich in einem Vorstadium heterotypischer Teilung befinde, sondern bezeichnet diese Struktureigentümlichkeiten als Todeserscheinungen. Dass es sich hier in der Tat um eine Vorbereitung zu Reduktionsteilung handelt, scheint mir indessen ganz sicher. Denn man darf wohl annehmen, dass die axile Zelle einmal während der phylogenetischen Entwicklung, ehe noch parthenogenetische Embryobildung entstanden war, wirklich eine Reduktionsteilung durchgemacht hat, wie die entsprechende Zelle bei andern Rosaceen noch tut, und dass sie sich noch immer dazu vorbereitet, obgleich sie aus irgend einem Grunde über dieses Stadium nicht hinauskommen kann sondern lange da stehen bleibt, um schliesslich zu degenerieren und hinzusterben. Ein solches Schicksal steht auch nicht als eine ganz isolierte Erscheinung da, denn TÄCKHOLM (1914, p. 224) hat gefunden, dass bei *Lopezia* oft ein mehrzelliges Archesporium vorkommt und dass sämtliche Embryosackmutterzellen einen Ansatz zu Reduktionsteilung zeigen. »Ihre Kerne befinden sich demnach sehr häufig in der typischen Synapsis. Über dieses Stadium hinaus scheinen indessen die überzähligen Embryosackmutterzellen nicht die Entwicklung fortzusetzen«. Ebenso dürften bei den Alchemillen eine oder mehrere Embryosackmutterzellen einen Ansatz zu Reduktionsteilung aufweisen können, obgleich keine von ihnen dieselbe durchführen kann.

Was aber die Deckzellen betrifft, ist es kaum glaublich, dass sie sich zu heterotypischer Teilung vorbereiten, sondern wir haben wohl zunächst mit einem Vorgang derselben Art zu tun, wie ihn LAGERBERG (1909, p. 53 und 72) bei *Adoxa* und *Sambucus* beschrieben hat. Bei der ersteren dieser Pflanzen finden sich an der Basis der zusammengewachsenen Griffeln dicht unter der Epidermis 4 oder 5 Gewebepartien — »das spezifisch leitende Gewebe« — deren Zellen sehr gross sind. Die Kerne dieser Zellen treten häufig in Synapsis ein, aber durchführen keine Teilung, sondern werden desorganisiert. LAGERBERG will hierin ein Gegenstück zu gewissen Erscheinungen in krankhaften Neubildungen bei Menschen und Tieren sehen. In dergleichen Neubildungen kommen nämlich oft Kernteilungsfiguren vor, die den heterotypischen Teilungsstadien sehr ähnlich sind. Die Deckzellen der Al-

chemillen sind aber auch Desorganisation und Auflösung unterworfen, was für eine solche Deutung dieser eigentümlichen Strukturverhältnisse zu sprechen scheint.

Von der axilen Embryosackmutterzelle sagt MURBECK (1901, p. 15), dass, wie dem auch sei, ob sie sich auf Reduktionsteilung vorbereitet oder nicht, es jedenfalls gewiss ist, dass sie sich niemals weder teilt noch den Ursprung zum Embryosack gibt, sondern stirbt und von den umgebenden Zellen verdrängt wird. STRASBURGER (1904, p. 107 f.) hingegen vermutete schon infolge der von MURBECK gegebenen Figuren, dass gerade diese Zelle sich heterotypisch teile und dass die Teilung, wie so oft in Embryosackmutterzellen, nur verspätet werde. Übrigens war es diese Ansicht, die ihn dazu veranlasste, die Alchemillen einer neuen Untersuchung zu unterwerfen. Doch, seine Vermutung bestätigte sich nicht. Stattdessen glaubte er zu finden, dass die axile Zelle sich teile, aber nicht generativ sondern vegetativ. »Die Durchführung der beabsichtigten generativen Teilung stösst bei ihnen aber augenscheinlich auf Hindernisse, so dass die Dauer der Synapsis sich über die Massen ausdehnt. Immer und immer wieder bekommt man dasselbe Bild zu sehen, ungeachtet die Entwicklung des Nucellus im ganzen fortschreitet. Schliesslich teilen sich diese harrenden Zellen aber doch und zwar dann so rasch, dass es die grösste Mühe kostet, Teilungsbilder in ihnen zu fixieren. Ich habe ganz unglaubliche Mengen von Schnittserien durchstudieren müssen, bevor ich zu einem abschliessenden Ergebnis der Untersuchung kam». Die von STRASBURGER beobachtete Teilung sollte ohne Chromosomenreduktion vor sich gehen und also wie in vegetativen Zellen typisch sein.

Wegen der einander widersprechenden Angaben MURBECK's und STRASBURGER's habe ich es selbstverständlich von grösster Bedeutung gefunden, der vorliegenden Frage eine eingehende Aufmerksamkeit zu widmen. Die Anzahl der Samenanlagen in geeigneten Entwicklungsstadien, die ich untersucht habe, ist deshalb sehr gross. Niemals habe ich dabei eine Teilung in der axilen Embryosackmutterzelle beobachten können. Stattdessen habe ich gesehen, wie sie stark in die Länge gezogen und von den Seiten zusammengedrückt wird, so dass sie schmal wird und am Grunde in eine lange Spitze endet (s. Fig. 7). Sie macht den Eindruck noch ärmer an Inhalt zu sein. Besonders hat die Körnigkeit abgenommen und das Cytoplasma scheint beinahe homogen. Der Kern ist zusammengeschrunpft und der Nucleolus ist im Verschwinden begriffen (Vgl. Fig. 6). Die 4 Zellen, die in Fig. 7 in einer Reihe über einander links von den axilen liegen, stammen aus einer angrenzenden Embryosackmutterzelle her. Von ihnen ist die oberste grösser als die übrigen und ist deutlich im Begriffe, zum Embryosack heranzuwachsen. In einem folgenden Schnitt sieht man eine andere Embryosackanlage, die auch die Entwicklung fortsetzt und sich wahrscheinlich zum Embryosack entwickelt haben würde. Diese letzteren Embryosackanlage stammt indessen aus einer anderen Embryosackmutterzelle. Bemerkenswert ist, dass in der genannten Zellenreihe der Fig. 7 die oberste Zelle am weitesten in Entwicklung gekommen ist. Wenn die jungen Anlagen zu Embryosäcken herauswachsen, werden sie beträchtlich, teilweise auf Kosten der Umgebung, vergrössert, und infolge des Gedränges treten

Verschiebungen der Zellen ein, so dass es am öftesten schwer zu entscheiden ist, welche aus einer und derselben Mutterzelle stammen. Dass auf jeden Fall die axile Zelle wirklich desorganisiert wird und zu Grunde geht, erhellt ganz besonders deutlich aus Fig. 8. Sowohl an dem oberen als an dem unteren Ende der betreffenden Zelle ist der Inhalt schon verschleimt, auch ist die Zelle unten von den Seiten stark zusammengedrückt. Es ist ja undenkbar, dass eine solche lebensfähig sein sollte, sich teilen und den Ursprung zum Embryosack geben könnte. Auch in dem betreffenden Schnitt liegt unmittelbar neben der axilen Zelle eine seitlich gestellte Reihe von 4 Zellen, von welchen die oberste verschleimt zu werden begonnen hat, während die drei andern mit einem stark körnigen Inhalt gefüllt und

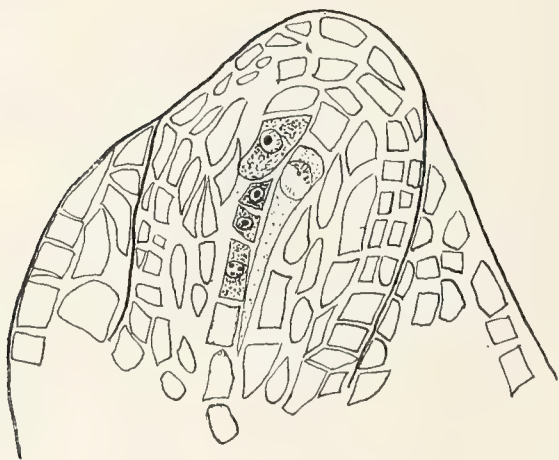


Fig. 7.

A. vulcanica. Medianer Längsschnitt. Erklärung im Text. Vergrößerung 550.

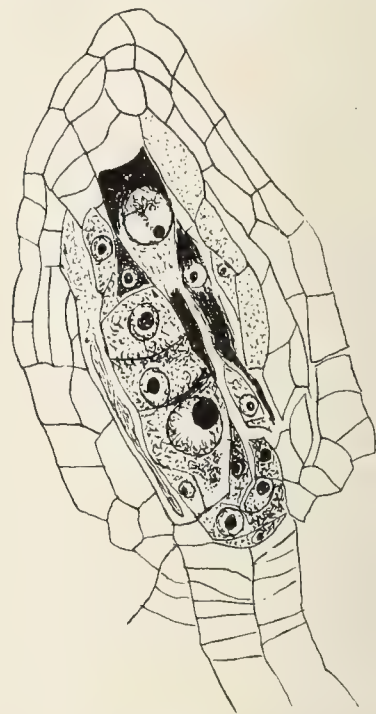


Fig. 8.

A. orbiculata. Medianer Längsschnitt. Erklärung im Text. Vergrößerung 550.

mit grossen Kernen mit einem kräftigen Nucleolus versehen sind. Diese drei Zellen sind augenscheinlich imstande die Entwicklung fortzusetzen; die unterste ist ein wenig weiter als die andern gekommen. Fig. 9 a und b stellt zwei auf einander folgende Schnitte dar. In a weist die axile Zelle dasselbe Bild der Degeneration auf, das man stets auf entsprechendem Punkt der Entwicklung antrifft, und in b erscheinen die vier Tochterzellen, die aus einer angrenzenden Embryosackmutterzelle stammen. Von den zwei untersten erscheint die eine etwas über die andre verschoben, so dass die Wand zwischen ihnen nicht deutlich hervortritt. Auch diese Zellen sind gross und lebenskräftig. Ebenso verhält es sich in Fig. 10. Die axile Zelle ist hier nur ihrem definitiven Untergang näher, was sich daraus ergibt, dass der ganze Inhalt verschleimt ist. Der untere Teil ist von 2 sich ebenfalls in Auflösung befindenden Elementen des sporogenen Gewebes bedeckt, mit seinen zwei

Kernen von einer gemeinsamen Schleimmasse umgeben. Von den Zellen der linken Seitenreihe ist die nächstoberste am kräftigsten entwickelt.

Dass die axile Zelle ausgesogen wird und verschwindet, dürfte deutlich genug aus den schon mitgeteilten Bildern hervorgehen, und dass dies wirklich der Fall ist, zeigen deutlich mehrere andere von meinen Präparaten. Dasselbe wird übrigens auch durch STRASBURGER's Figuren bewiesen, z. B. Fig. 26, Taf. II, wo eine »zu der mittleren Reihe gehörende Zelle zusammengedrückt ist.« Diese muss aber infolge ihrer Lage und Form gerade die axile sein, die ausserdem im ganzen niederen Teil verschleimt ist. Auch unter den Figuren MURRECK's kann dasselbe Sachverhältnis festgestellt werden, so z. B. an Fig. 24, Taf. II. Die axile Zelle ist hier in

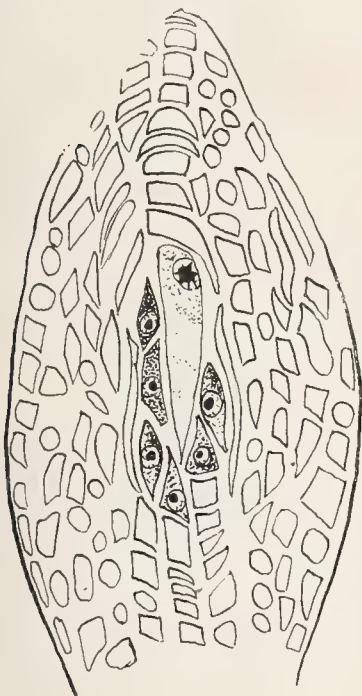


Fig. 9 a.

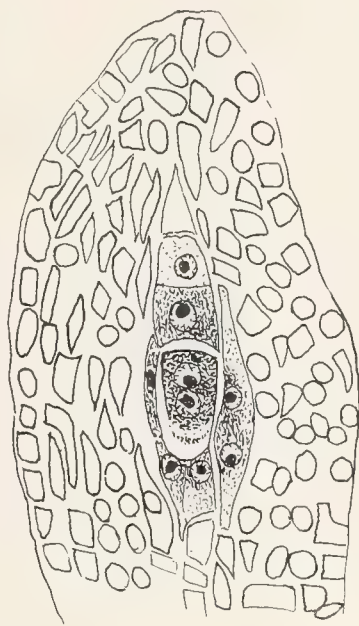


Fig. 9 b.

A. orbiculata. Zwei auf einander folgende mediane Längsschnitte.
Erklärung im Text. Vergrößerung 550.

einem Stadium des Erschöpfens begriffen, und auf jeder Seite ist sie von grossen herauswachsenden Embryosackanlagen umgeben.

Es erweist sich nun die Frage, ob nicht diese sporogenen Zellenreihen, deren Elemente mit körnigem Cytoplasma vollgepfropft, und mit sehr grossem Kerne versehen sind, und die wir hier oben als Embryosackanlagen bezeichneten, aus Embryosackmutterzellen stammen, die wie die axile sich in Synapsis befunden haben. Bei den Eualchemillen könnte ja dies denkbar sein, da bei ihnen — obgleich nur ausnahmsweise — nicht nur die axile sondern auch mehrere angrenzende Mutterzellen in Synapsis eintreten können; aber bei *A. orbiculata* und *vulcanica* ist dies dagegen, wie ich schon früher hervorgehoben habe, so äusserst selten, dass ich es nur ein einziges Mal gesehen habe, während solche Bilder wie die von mir gelieferten (s. Fig.

7, 8, 9 und 10) in den meisten Schnittserien von geeigneten Entwicklungsstadien wiedergefunden werden. Eine ähnliche Eventualität kann also bei diesen letztgenannten Arten als ausgeschlossen betrachtet werden, und sicherlich verhält es sich auch so bei den Eualchemillen.

Wie soll man denn STRASBURGER's Fig. 22 a seiner Taf. II erklären, wo eine nach Ansicht des Autors axile, eine vegetative Kernspindel enthaltende Zelle dargestellt ist? Hierzu möchte ich erstens bemerken, dass es doch gar nicht gewiss ist,

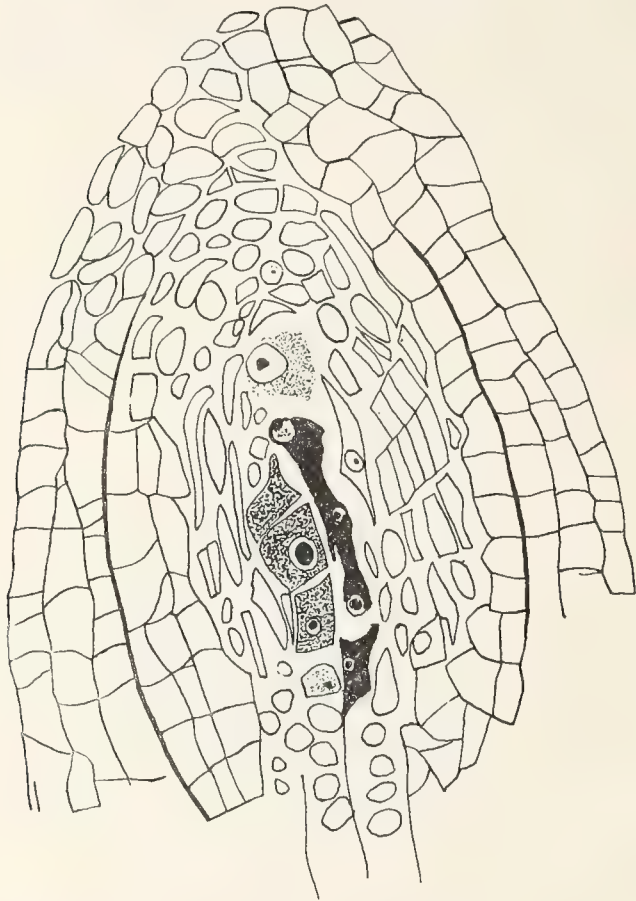


Fig. 10.

A. orbiculata. Medianer Längsschnitt. Erklärung im Text. Vergrößerung 550.

dass die betreffende Zelle wirklich die axile ist. Die Form ist nämlich nicht recht die typische. Zweitens ist es auch denkbar, dass die Kernspindel gar nicht zu der genannten Zelle sondern zu einer oben oder unten liegenden gehöre. Auch ich habe gleichfalls ein Präparat gesehen, in welchem beim ersten Anblick die axile Zelle eine Kernspindel zu enthalten schien, aber bei näherer Untersuchung stellte es sich heraus, dass diese zu einer unten liegenden Zelle gehörte. Aus der Fig. 23 a STRASBURGER's sollte hervorgehen, dass die erste Teilung der umstrittenen Zelle schon durchgeführt ist und dass die obere Tochterzelle sich gerade aufs Neue teilt. Hinter der letzteren blickt indessen eine lange, schmale Zelle hervor, deren Kern sich deutlich in Synapsis befindet. Wahrscheinlich ist dies die axile, und die zwei andern stammen mutmasslich aus einer nebengestellten Zelle. Ebenso kann stark bezweifelt werden, dass die mittlere

Zellenreihe in STRASBURGER's Fig. 30 a seiner Taf. III ein Descendent der axilen Zelle ist. Möglicherweise ist dieselbe hier vielmehr schon aufgelöst.

Es steht also fest, dass, wie MURBECK (1901, p. 15) es hervorgehoben hat, »die grosse axil gelegene Embryosackmutterzelle sich niemals teilt oder zum Embryosack entwickelt sondern abstirbt and verdrängt wird«. Hierin liegt denn auch die Erklärung dazu, dass STRASBURGER in seinen Präparaten »immer und immer wieder dasselbe synaptische Bild zu sehen bekommt, ungeachtet die Entwicklung des Nucleus im ganzen fortschreitet.« Es ist auch nicht zu verwundern geeignet, wenn STRASBURGER zu der Annahme greifen muss, dass die Teilung, wenn sie endlich

eintrifft, so schnell vor sich geht, dass es ihm die grösste Mühe gekostet hat, »Teilungsbilder in ihnen zu fixieren».

STRASBURGER will in der Entwicklung der Embryosackmutterzelle bei den Eualchemillen eine nahe Übereinstimmung mit dem Verhalten der entsprechenden Zelle bei der gleichfalls parthenogenetischen *Antennaria alpina* sehen. Wie bekannt, tritt auch diese in Synapsis ein (JUEL, 1900). Sie bereitet sich also zur Reduktionsteilung vor, durchführt sie aber nicht, sondern geht direkt zum Embryosack über. Für STRASBURGER ist das Ausbleiben der Vierteilung von untergeordneter Bedeutung. Die Ähnlichkeit mit den Alchemillen liegt für ihn darin, dass es eine Embryosackmutterzelle ist, die einen Ansatz zur Reduktionsteilung zeigt aber auf dem eingeschlagenen Wege nicht fortsetzen kann sondern direkt zu einem Embryosack wird, mit der für vegetative Zellen bezeichnenden Anzahl Chromosomen. Einer solchen Parallelisierung des Entwicklungsgangs der beiden Gattungen gegenüber ist hervorzuheben, dass bei *Antennaria alpina*, wo das Archespor einzellig ist, es doch keine Wahl gibt; aus der einzigen Archesporzelle muss der Embryosack hervorgehen. Die parthenogenetischen Alchemillen haben dagegen mehrere Archesporzellen, zwischen welchen, wie es auch STRASBURGER zugiebt, keine prinzipielle Verschiedenheit existiert. Da die Zelle, von welcher der Embryosack stammen sollte, infolge abnormer Verhältnisse auf Hindernisse in ihrer Entwicklung stösst, liegt es ja nahe, dass ihre Funktionen von einer andern gleichwertigen Zelle übernommen werden.

Der Embryosack und die Entwicklung des Embryos.

In den seitlichen sporogenen Zellenreihen können, wie oben erwähnt worden ist (vgl. auch Fig. 7, 8, 9 und 10), bei *A. orbiculata* und *vulcanica* eine oder mehrere Zellen ihre Entwicklung zu Embryosäcken fortsetzen, denn mehrere Embryosäcke kommen oft in einer und derselben Samenanlage vor. Dass irgend eine besondere Tochterzelle dabei bevorzugt werden sollte, habe ich ebenso wenig wie MURBECK finden können. STRASBURGER (l. c., p. 111) giebt an, dass gewöhnlich die unterste oder die nächstunterste, nur ausnahmsweise eine andere, zu voller Entwicklung kommt. Übrigens treffen zu dieser Zeit nach sowohl MURBECK's als auch STRASBURGER's eigener Aussage lebhaft Verschiebungen zwischen den Zellen des sporogenen Gewebes ein. Ich kann in diese Angaben völlig einstimmen. Aber nichtsdestoweniger meint STRASBURGER mit Bestimmtheit von einer Zelle, die in der centralen Reihe liegt und sich zum Embryosack entwickelt, behaupten zu können, dass sie aus einer Archesporzelle stammt, die sich in Synapsis befunden hat. Infolge eben genannter Verschiebungen kann indessen eine ursprünglich seitliche Zelle eine centrale Lage erreichen, und ausserdem ist es auch möglich, dass die axile Zelle niemals in Synapsis stadium eingetreten ist. Ich habe nämlich ein Präparat gesehen, wo die axile Zelle sich nicht in Synapsis befand und wo stattdessen eine angrenzende diese Struktur aufwies. STRASBURGER's obenerwähnte Behauptung ist somit nicht immer zutreffend.

Wenn die erste Kernteilung im Embryosack eingetroffen ist, hat dieser eine langgestreckte Form und ist an beiden Enden abgerundet. Kommen mehrere Embryosäcke vor, werden die Bilder äusserst schwer zu deuten. Welche Kerne zu einem oder dem andern gehören, ist oft unmöglich zu entscheiden. In einem völlig entwickelten Embryosack findet man indessen typisch, wie bei den meisten Angiospermen, 8 Kerne, 3 in dem oberen Teil, 2 in dem mittleren und 3 in dem untern. Die drei Kerne am oberen und am untern Ende umgeben sich auf gewöhnliche Weise mit Cytoplasmamassen und vertreten respektive den Eiapparat und die Antipoden. Die zwei mittleren sind die Polkerne. Zwischen den drei Kernen in dem apikalen Teil des Embryosacks bleibt die gewöhnliche scharfe Differenzierung aus. Ähnliches hat auch MALTE (1910, p. 19) bei *Mercurialis annua* L. beobachtet. In unserer Fig. 11 gleicht die mittlere dieser Zellen meist einer gewöhnlichen Eizelle und in Fig. 12 ist die Eizelle bei der rechten Seite des Embryosacks gelegen. Eine Vakuolbildung habe ich weder in dieser noch in den Synergiden entdecken können.

Die Polkerne sind gewöhnlich 2, aber bisweilen liegen auch 3—5 Polkerne in der Mitte des Embryosacks (s. Fig. 13). Es sind dann ein oder zwei Antipoden zusammen mit dem untern Polkerne heraufgewandert und danach auf dieselbe Weise wie dieser ausgebildet. Nach MURBECK (1902) kann solch eine Wanderung und Umbildung von Antipoden auch bei den parthenogenetischen Eualchemillen vorkommen. Ob die beiden Polkerne sich zuletzt zu einem Centralkern vereinigen, habe ich nicht mit Sicherheit entscheiden können; jedenfalls habe ich keinen unzweifelhaften Centralkern gesehen. Bei den meisten Eualchemillen schmelzen die Polkerne mit einander zusammen; bei *Alchemilla alpina* scheint jedoch die Vereinigung zwischen ihnen ausbleiben zu können. Dies ist auch nach JUEL (1900) stets bei der parthenogenetischen *Antennaria*-Art der Fall. Bei *Alchemilla orbiculata* und *vulcanica* legen sie sich dicht neben einander und erscheinen häufig gegen einander gedrückt, auch nachdem die Eizelle sich mehrmals geteilt und also einen vielzelligen Embryo hervorgebracht hat. In andern Fällen dagegen trifft man schon ein aus vielen Kernen bestehendes Endosperm an, wenn die Eizelle sich zum ersten Mal geteilt hat (s. Fig. 13). Wie bei den parthenogenetischen Eualchemillen herrscht also ein verhältnismässig loser Zusammenhang zwischen Embryobildung und Endospermbildung.

Wie schon früher angedeutet worden ist, kommen hinsichtlich der Anzahl der Antipoden oft Unregelmässigkeiten vor. Sie teilen sich nämlich öfters so, dass die Anzahl bis auf 7 heransteigen kann, die höchste Zahl, die ich konstatiert habe (s. Fig. 13 und 14). Die Antipoden kennzeichnen sich auch durch eine gewisse Persistenz, auch wenn keine Teilungen eintreffen, und sind deshalb lange Zeit in der untern Hälfte des Embryosacks sichtbar. Dass die überzähligen Antipodzellen Elemente von dem sporogenen Gewebe sein könnten, wie bei *Aster novæ-angliæ* (PALM, 1914, p. 9 ff.), ist hier ganz ausgeschlossen. Die den Antipoden zugehörigen Cytoplasmamassen nehmen beträchtlich in Umfang zu und werden stark körnig (s. Fig. 14), was offenbar im Zusammenhang mit dem Nahrungstransport zum Em-

bryo steht; zum Schluss werden sie indessen desorganisiert. Eine derartige Aktivität haben sowohl MURBECK (1901, p. 38) als STRASBURGER (1904, p. 126) bei der zur Sektion *Aphanes* gehörenden *A. arvensis* wahrgenommen, und dieselbe ist übrigens bei einigen andern Angiospermen bekannt. COULTER und CHAMBERLAIN (1903, p. 97 ff.) geben eine Übersicht über Arten mit einer solchen Tätigkeit in dem untern Teil des Embryosacks und betonen, dass sie ein wichtiger Charakter

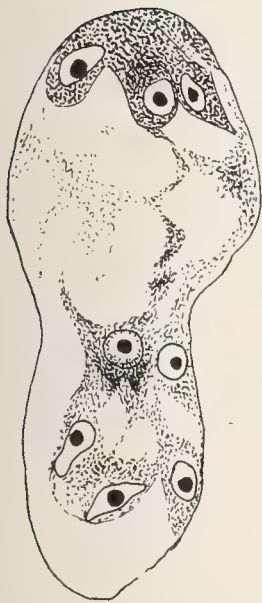


Fig. 11.

A. orbiculata. Embryosack. Erklärung im Text. Von mehreren Schnitten kombiniert. Vergrößerung 550



Fig. 12.

A. orbiculata. Oberer Teil des Embryosacks mit 2 Synergiden und der Oosphäre. Vergrößerung 550.



Fig. 13.

A. orbiculata. Embryosack mit 2-zelligem Embryo und 4 Antipoden. Die 2 Synergiden erscheinen zu oberst. Von mehreren Schnitten kombiniert. Nur einige Endospermkerne gezeichnet. Vergrößerung 350.



Fig. 14.

A. orbiculata. Der mittlere und untere Teil eines Embryosacks. 3 Polkerne und 7 Antipoden. Von 2 auf einander folgenden Schnitten kombiniert. Vergrößerung 550.

für Gattungen und ganze Familien sein kann. Durch einen solchen wird z. B. die Familie *Ranunculaceae* gekennzeichnet. Nun muss aber nach MURBECK (1915) die Sektion *Lachemilla*, wozu unter anderen amerikanischen Arten auch *A. orbiculata* und *vulcanica* früher gezählt worden sind, eingezogen und infolge Übereinstimmungen des Blütenbaus mit der Sektion *Aphanes* zusammengeschlagen werden. Da alle bis jetzt näher untersuchten Arten dieser Sektion durch die kräftige Entwicklung der Antipoden gekennzeichnet sind, kann man erwarten, dass dies für die

Gruppe *Aphanes* überhaupt gelten muss. Darin sollte dann für die Richtigkeit der von MURBECK vorgenommenen Vereinigung der erwähnten Sektionen eine neue Bestätigung liegen.

Wie bei den Eualchemillen wächst das Integument über den Nucellus zusammen, ohne einen Mikropylekanal offen zu lassen. Die eine Zelle des Eiapparats, die Eizelle, teilt sich und entwickelt sich zum Embryo, was aus Fig. 12 und 13 hervorgeht. Ist nun die Eizelle zuvor befruchtet worden, oder ist die Entwicklung eine parthenogenetische? Für eine parthenogenetische Embryobildung spricht der Umstand, dass ich niemals Pollenkörner auf der Narbe des Pistills gesehen habe. Ein paarmal habe ich freilich in Präparaten von *A. orbiculata* ein einzelnes Pollenkorn dicht neben der Narbe gefunden, es war aber nicht daran recht befestigt worden, noch weniger war es gekeimt oder hatte auch nur einen Ansatz dazu gemacht, weshalb dessen Dasein ganz auf das Konto der Zufälligkeiten geschrieben werden muss. Auch in dem Griffel habe ich niemals Spuren von Pollenschläuchen wahrgenommen. Trotzdem tritt in so gut wie allen Samenanlagen Embryobildung ein. Schon aus den angeführten Gründen kann man also mit grösster Wahrscheinlichkeit darauf schliessen, dass sich die Eizelle ohne Befruchtung, also parthenogenetisch entwickelt. Volle Gewissheit davon bekam ich indessen, als ich bei *A. orbiculata* zwei- bis mehrzellige Embryonen in derartigen Blütenknospen fand, die fixiert worden waren, ehe sie sich noch geöffnet hatten, und wohin also Pollenkörner unmöglich hätten reichen können. Bei dieser Art wird nämlich der Pollen nie vor der Entfaltung der Knospe aus den Antheren herausgelassen. MURBECK (1901, p. 28) hat festgestellt, dass mit Bezug auf den Zeitpunkt der Embryobildung dasselbe Verhältnis bei *A. alpina* herrscht.

Die Beschaffenheit des Pollens.

Ist es also schon aus dem, was im Vorigen angeführt worden ist, unzweifelhaft, dass *Alchemilla orbiculata* und *vulcanica* Embryo ohne vorhergehende Befruchtung entwickeln, so muss jedenfalls, besonders infolge gewisser Angaben STRASBURGER'S, ein besonderer Abschnitt der Entwicklung des Pollens gewidmet werden.

Aus meinen Präparaten ergibt sich, dass bei *A. orbiculata* die Pollenmutterzellen in gewöhnlicher Weise in Synapsisstadium eintreten (s. Fig. 15 a), sich also bereiten, heterotypische Teilung durchzumachen. In derselben Figur b sehen wir diese Teilung durchgeführt, indem hier eine Pollentetrade ausgebildet ist. Es trifft häufig zu, dass eine der Zellen der Tetrade degeneriert und der Inhalt verschleimt wird, schon ehe sie die Mutterzelle verlassen hat (s. Fig. 15 c). Ein Teil der Tochterzellen werden indessen in gewöhnlicher Weise entwickelt. In Fig. 15 d sehen wir z. B. ein Stadium mit einem Kern. Die Entwicklung kann noch weiter gehen, so dass Pollenkörner entstehen, die sowohl eine vegetative wie eine generative Zelle enthalten (15 e). In f endlich sieht man ein Pollenkorn mit einer vegetativen Zelle und

zwei Spermakernen, also ein fertig gebildetes Pollenkorn, wenigstens dem Anscheine nach völlig funktionsfähig. Es ist indessen nur eine Minderzahl der zahlreichen Körner eines Pollenfachs, die eine so vollständige Entwicklung erreichen. In Fig. 16 sind einige derartige Pollenkörner zu sehen, von denen man glauben könnte, sie seien recht »gut«. Aber wie ich schon früher gesagt habe, wird der Inhalt einiger durch die Tetradenteilung entstandenen Tochterzellen schon verschleimt, ehe die Membran der Mutterzelle gesprengt ist, und die meisten der übrigen gehen später ihrem Untergang entgegen, denn auch in diesen wird der Inhalt mit der Zeit verschleimt, und am häufigsten findet man zuletzt innerhalb der Wand nur einen grösseren oder kleineren Rest von Cytoplasma nebst einem verschrumpften Kern (s. Fig. 16). Es fragt sich nun, ob diese früher erwähnten, dem Anscheine nach völlig funktionsfähigen Pollenkörner, die — obwohl in der Minderzahl — so weit in



Fig. 15.

Verschiedene Stadien der Entwicklung der Pollenkörner bei *A. orbiculata*. Siehe weiter im Text. Vergr. 1200.

Entwicklung kommen, dass sogar die generativen Kerne ausgebildet werden, wirklich auch funktionieren können? Ohne eine nähere Untersuchung kann man nichts mit Gewissheit darüber sagen. Dies muss hervorgehoben werden, weil im ähnlichen Fall viele Autoren ohne weiteres einen solchen Schluss ziehen. In der Tat wird die Antwort auf diese Frage, insofern es *A. orbiculata* gilt, durchaus verneinend; und zwar aus folgendem Grunde. In den zahlreichen Präparaten von *A. orbiculata*, die ich untersucht habe, wurde niemals Pollen auf der Narbe beobachtet. Könnte er daran heften und keimen, so ist es ziemlich wahrscheinlich, dass ich es wenigstens einmal gesehen hätte. Weiter habe ich mehrmals Pollen aus Antheren von verschiedenem Alter genommen und auf die Narbe hinübergeführt, ohne ihn zum Keimen bringen zu können. Die Pollenkörner sind im Antherenfache mit einander zusammengeklebt, so dass sie auf mechanischem Weg getrennt werden müssen, ehe man sie auf die Narbe hinüberführen kann. Es ist deshalb unwahrscheinlich, dass Pollination der Narben überhaupt möglich ist. Hinsichtlich des Wertes des Pollens stimmt *A. orbiculata*

ganz sicher mit gewissen Eualchemillen überein, bei welchen MURBECK (1901, p. 7) ein paar Pollenkörner mit Protoplasten gefunden hat, während der Inhalt der Anthere übrigens aus einer einzigen formlosen Masse bestand. Bei Keimungsversuchen mit solchem Pollen bekam er nur negative Resultate. Dass *A. orbiculata* pollensteril ist, steht somit ziemlich fest. — In diesem Zusammenhang ist auch ein Verhältnis, worauf Prof. MURBECK mich aufmerksam gemacht, zu erwähnen. In älteren Blüten von *A. orbiculata* findet man nämlich, dass die Narben eine dunklere Farbe angenommen haben, und beim ersten Anblick könnte man glauben, dass sie konzeptibel gewesen seien. Dies ist jedoch gewiss nicht der Fall, denn die dunklere Farbe erscheint nur darauf zu beruhen, dass Pilzsporen sich da niedergelassen und eine kleine Kolonie von braunen Hyphen entwickelt haben.



Fig. 16.

A. orbiculata. Pollenfach.
Vergr. 225.



Fig. 17.

A. vulcanica. Pollenfach.
Vergr. 225.

Auch bei *A. vulcanica* habe ich die Entwicklung des Pollens untersucht. In den Pollenfächern dieser Art sind es nur einige Mutterzellen, die eine Tetradenteilung durchmachen, bei andern dagegen bleibt sie vollständig aus. In etwas späteren Stadien findet man deshalb teils grössere, teils kleinere Zellen (s. Fig. 17). Die grösseren haben ganz dünne Wände und sind am öftesten ohne Inhalt, bisweilen aber erscheint ein grösserer oder kleinerer Protoplastmarest mit oder ohne deutlichen Kern. Alle diese Zellen sind offenbar Mutterzellen, die keine Tetradenteilung durchgemacht haben. Die kleineren Zellen haben eine dickere Wand, und ihr Inhalt ist verschleimt, mehr oder weniger homogen, oft einen Kern enthaltend. Dies sind Pollenkörner, und nur ausnahmsweise erscheinen die erwähnten Körner normal entwickelt zu sein. In noch älteren Antheren findet man den ganzen Inhalt zu einer einzigen formlosen Masse verkittet, worin man mitunter ein paar scheinbar fertiggebildete Pollenkörner wahrnehmen kann. Auch wenn diese keimen oder die

Befruchtung ausführen könnten, bekommen sie doch niemals Gelegenheit dazu, weil bei dieser Art, wenigstens in dem von mir untersuchten Material, das doch in jeder Blüte Samen entwickelte, die Antheren sich niemals öffnen.

Auch aus der Beschaffenheit des Pollens ergibt sich also, dass Befruchtung bei *A. orbiculata* sehr unwahrscheinlich ist und bei *A. vulcanica* unmöglich stattgefunden haben kann.

Ich habe auch Gelegenheit gehabt, an Herbarmaterial den Pollen bei ein paar anderen amerikanischen Arten von derselben Sektion der Gattung zu untersuchen, nämlich *A. sibbaldiæfolia* H. B. K., PRINGLE *Plantæ Mexicanæ* 1888 N:o 1598 (non N:o 4935) und *A. hirsuta* H. B. K. var. *alpestris* SCHL., PRINGLE 1888 N:o 1599. Bei der ersteren sind die Pollenkörner zu Klumpen zusammengeklebt und enthalten freilich Protoplasma, sind aber nicht lebensfähig. In den Antheren der letzteren kommt der Pollen nur sparsam vor, die Körner sind klein, mit Inhalt aber hier wie bei der vorigen Art gewiss untauglich.

Dank dem Entgegenkommen Professor MURBECK's kann ich einige Notizen über von ihm gemachte Pollenuntersuchungen bei noch einer Anzahl süd- und mittel-amerikanischen Arten publizieren. Die Untersuchungen, die an Herbarmaterial angestellt worden sind, haben folgende Arten umfasst bzw. die unten angeführten Resultate gegeben: *A. procumbens* ROSE n. sp., PRINGLE *Plantæ Mexicanæ* 1894 N:o 4936 et 1905 N:o 10046. Reich an Pollen. Die Körner sind entweder frei oder in Klumpen zusammengeklebt und mit Inhalt versehen, der jedoch nur aus einem verschleimten Protoplasma besteht. — *A. galioides* BENTH. Pollenkörner frei aber gewiss untauglich. — *A. tripartita* RUIZ et PAV. Pollen ganz untauglich. — *A. venusta* CHAM. et SCHL. von Guatemala. Pollen untauglich. — *A. velutina* WATS. aus Mexico. Pollenkörner sämtlich zu einer breiförmigen Masse verkittet, die die Anthere nicht verlässt. — *A. pinnata* RUIZ et PAV. Pollen ganz untauglich. — *A. hirsuta* H. B. K. var. *campestris* CHAM. et SCHL. PRINGLE 1901 N:o 8557. Die Pollenkörner grösstenteils frei, aber sehr klein, vollständig leer und offenbar durchgehends ganz untauglich. In andern Blüten sind alle Körner frei und beinahe von voller Grösse und durchgehends mit Inhalt; dieser ist jedoch in einem oder mehreren Klumpen gesammelt, die tot zu sein scheinen. Wahrscheinlich ist auch der Pollen solcher Blüten untauglich. — *A. aphanoides* MUTIS, MANDON *Plantæ Andium Bolivien.* N:o 665. Pollen ganz untauglich, zusammengeklebt, verlässt nicht die Anthere. — *A. Mandoniana* WEDD. In *Andibus Ecuadorensibus* coll. R. SPRUCE 1857—1859 N:o 5133. Pollen ganz untauglich. Letzterwähnte Art ist von besonderem Interesse, weil sie einer Abteilung der Gattung gehört, die LAGERHEIM *Fockella* benannt hat und die, da sie zum Unterschiede von allen andern Alchemillen keine Nebenkelchblätter hat, für eine dritte Sektion der Gattung gehalten werden muss. (MURBECK 1915, p. 12, Fig. IV). — Aus dem Angeführten ergibt sich, dass pollensterile Arten also innerhalb aller drei Sektionen vorkommen.

Ich habe es als wichtig angesehen, die obenerwähnten Beobachtungen darzulegen, besonders zufolge der Mitteilungen, die STRASBURGER (1904, p. 103) über die

Beschaffenheit des Pollens bei den süd- und mittelamerikanischen *Alchemilla*-Arten gegeben hat, und der Schlüsse, die ihm daraus hervorzugehen scheinen. STRASBURGER hat folgende dem Kgl. Botan. Museum zu Berlin entliehenen Arten untersucht: *A. sibbaldiaefolia* H. B. K., *A. venusta* SCHL., *A. rupestris* H. B. K., *A. hirsuta* H. B. K. var. *alpestris* SCHL. und *A. pinnata* R. P., also bis auf *A. rupestris* ganz dieselben Arten, die MURBECK und ich untersucht haben. Sonderbarerweise hat er bei sämtlichen guten Pollen gefunden. Ob er dabei ausschliesslich die wenigen scheinbar funktionsfähigen Körner berücksichtigte, die bisweilen in einigen Antheren auftreten können, oder vielleicht noch wahrscheinlicher nur so frühe Stadien untersuchte, dass die Degeneration noch nicht angefangen hatte, ist schwer zu entscheiden. Durch diese Untersuchungen ist er indessen zu der Auffassung gekommen, dass die amerikanischen Alchemillen sich noch in gewöhnlicher Weise, also auf geschlechtlichem Wege, fortpflanzen. Nach dem, was ich oben angeführt habe, muss diese Auffassung insofern berichtigt werden, dass wenigstens viele von diesen Alchemillen sich ohne Zweifel parthenogenetisch fortpflanzen und es statt dessen in Frage gestellt werden kann, ob irgend eine die Befruchtung beibehalten habe.

In diesem Zusammenhang muss auch eine andere Angabe STRASBURGER's (l. c., p. 102) hervorgehoben werden, weil sie nicht unter allen Umständen gilt. Er glaubt, nämlich, dass nur Antheren mit gut ausgebildetem Pollen sich öffnen. *A. orbiculata* ist pollensteril, und doch öffnen sich die Antheren. Mehrere andere amerikanischen Arten verhalten sich ebenso, gleichwie *A. speciosa* unter den Eualchemillen (MURBECK, 1901, p. 7).

Auf seine Pollenuntersuchungen gestützt hat sich STRASBURGER (l. c., p. 153) auch über das Alter der Parthenogenesis innerhalb der Gattung *Alchemilla* ausgesprochen. Weil die süd- und mittelamerikanischen Arten nach seiner Auffassung sich noch normal fortpflanzen, meint er, dass Parthenogenesis — phylogenetisch gesehen — ziemlich spät eingetreten sein müsse. Nimmt man indessen den Umstand in Betracht, dass Parthenogenesis in allen drei Sektionen vorkommt und dass die Gattung die weiteste geographische Verbreitung und parthenogenetische Vertreter in so weit getrennten Florengebieten wie Amerika und Europa hat, so scheint es im Gegenteil wahrscheinlicher zu sein, dass die Alchemillen sich seit sehr langer Zeit dieser Fortpflanzung bedient haben. Diese Frage wird indessen in dem Folgenden etwas ausführlicher behandelt.

Über die Ursachen der parthenogenetischen Embryobildung der Gattung *Alchemilla*.

Obgleich die Frage nach den Ursachen der parthenogenetischen Fortpflanzung der Alchemillen ganz gewiss nicht durch blosse Spekulationen zu beantworten ist, sondern wie viele andere biologische Probleme nur auf experimentellem Wege endgültig erledigt werden kann, will ich doch hier die Gelegenheit benutzen, einige Betrachtungen über STRASBURGER's Versuche einer Erklärung dieser Ursachen anzustellen.

STRASBURGER (l. c., p. 144) nimmt an, dass innerhalb der Gattung *Alchemilla* einmal während der phylogenetischen Entwicklung eine lebhaft Mutation stattgefunden haben müsse, und dass die entstandenen Mutanten durch Kreuzungen unter einander eine sexuelle Schwächung erlitten haben. Diese geschwächte sexuelle Fähigkeit sei später durch fortgesetzte Kreuzungen verstärkt worden und schliesslich zu vollständiger Sterilität übergegangen, die wiederum die mittelbare Ursache zur Entstehung der Parthenogenesis gewesen sei. Der auslösende Reiz während der Ontogenese werde durch die starke Zuströmung von Nährstoffen nach den jungen Samenanlagen hervorgerufen, wo sie jetzt nicht wie in normalen Fällen Anwendung zum Aufbau des nach der Befruchtung auswachsenden Embryos finden. Ebenso wie Sterilität könne in gewissen Fällen Diöcie wirken. Bei diöcischen Pflanzen sollten nämlich durch das Vorkommen der beiden Geschlechter an getrennten Orten oft Schwierigkeiten entstehen, Befruchtung zu erreichen. Seitdem aber die Eualchemillen steril geworden, sei der Bestand der Gattung in hohem Grade bedroht worden, und, um ihren völligen Untergang zu verhindern, habe sich Parthenogenesis eingestellt. Sonderbarerweise brauchen nach STRASBURGER die Störungen der sexuellen Funktionen nicht bis zu vollständiger Sterilität zu gehen, um Parthenogenesis zu inducieren, sondern diese könne sich schon auf einem früheren Stadium der Degeneration einstellen, u. zw. infolge innewohnender latenter Anlagen zu apomiktischer Entwicklung. Vollständige oder wenigstens stark merkbare Degeneration des Pollens, meint STRASBURGER, habe also direkt Parthenogenesis hervorgerufen als ein letztes Mittel, um die Schwierigkeiten der ausgebliebenen Befruchtung abzuwehren.

Wenn Parthenogenesis in der Weise hervorgerufen worden ist, wie STRASBURGER es gedacht hat, scheint mir indessen die Annahme von oft entstandenen Mutationen ganz unnötig zu sein, da es ja bekannt ist, dass Bastardierungen besonders zwischen nicht allzu nahestehenden Formen von Herabsetzung der geschlechtlichen Reproduktionsfähigkeit oder oft genug von sexueller Impotenz begleitet zu sein pflegen. Übrigens hat ja die moderne Vererbungs-forschung an den Tag gelegt, dass die Mutationen, die H. DE VRIES von so grosser Bedeutung für die Artbildung zu sein meinte, weit seltener sind, als man früher zu glauben geneigt war.

Ist Sterilität die Ursache der Parthenogenesis, wie soll man denn das Vorkommen derselben bei einigen Bastarden zwischen einerseits *A. pentaphylla* und andererseits gewissen zur Gruppe *Alpinæ* gehörenden *Alchemilla*-Arten erklären, da ja die Bastarde von sexuell potenten Eltern stammen müssen? Man könnte allerdings glauben, dass diese Bastarde entstanden wären, ehe die sexuelle Fähigkeit der Eltern noch ganz erloschen war. STRASBURGER meint indessen, dass sie als Bastarde freilich ihre Sexualität hätten verlieren können; dass sie aber den parthenogenetischen Weg einschlugen, beruhte auf der schon hervorgehobenen Neigung zu einer solchen Embryobildung innerhalb der Gattung. Diese Tendenz haben sie von einem der Eltern der Gruppe *Alpinæ* geerbt, denn der andere, die *A. pentaphylla*, bildet Embryo auf normale Weise. Eine solche Tendenz ist also vorhanden, ehe noch vollständige Sterilität erreicht worden ist. STRASBURGER meint auch, dass sie mehrmals

bei den Eualchemillen unabhängig bei verschiedenen Arten erschienen sei, und dass ihre Entstehung ein Ausdruck eines von dieser Untergattung während der phylogenetischen Entwicklung erreichten Zustandes sei. Dass die Eualchemillen bei mehreren verschiedenen Zeitpunkten, gewissermassen Art für Art, von normaler mit Befruchtung kombinierter Fortpflanzung zu parthenogenetischer übergegangen sind, erscheint jedoch kaum wahrscheinlich, wenn man bedenkt, dass Parthenogenesis in allen drei Sektionen der Gattung vorkommt und dass sie, wie ich früher hervorgehoben habe, sicherlich von sehr hohem Alter ist. Auch wenn es sich so verhielte, wie es STRASBURGER meint, wird dadurch nichts betreffs der Entstehung parthenogenetischer Fortpflanzung erklärt. Denn man fragt sich denn begreiflicherweise, woher diese Neigung gekommen sei und auf welche Weise sie gewirkt habe. Dies ist es ja, was auseinandergesetzt werden sollte, und kann also nicht als Erklärungsgrund benutzt werden, sondern kann nur dazu dienen, das ganze Problem zu verrücken.

Unstreitig liegt die Annahme nahe, dass geschwächte Entwicklung des Pollens und völlige Sterilität direkt Parthenogenesis hervorgerufen hat, da ja Apomixis so oft mit Pollensterilität verbunden ist. STRASBURGER denkt sich, wie schon erwähnt, den Zusammenhang gerade in dieser Weise. Mehrere Umstände widersprechen indessen dieser Hypothese. Hätte Degeneration des Pollens parthenogenetische Fortpflanzung hervorgezwungen, liesse sich erwarten, dass alle Pflanzen mit solcher Embryobildung pollensteril sein sollten. Dies ist jedoch nicht der Fall mit *Thalictrum purpurascens* und *Hieracium aurantiacum*, von welchen das erstere gut entwickelten Pollen hat und das letztere sogar durch Befruchtung nahestehender Arten Bastarde erzeugen kann, obgleich beide parthenogenetisch sind, *Thalictrum purpurascens* wenigstens fakultativ. Auch WINKLER (1908) hat diese Tatsachen hervorgehoben; sie deuten darauf hin, dass Pollenverbildung wenigstens in hier angegebenem Fall nichts mit der Entstehung parthenogenetischer Fortpflanzung zu tun hat und also als Erklärungsgrund keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen kann.

Bei den meisten parthenogenetischen Formen sind jedoch Störungen in den sexuellen Verhältnissen eingetroffen, aber diese beschränken sich nicht nur auf die männlichen Geschlechtszellen, sondern auch die weiblichen sind von ihnen beeinflusst worden. Demnach sind die parthenogenetischen Alchemillen sexuell stark geschwächt, was sich nicht nur durch die Desorganisation des Pollens, sondern auch durch die abnorme Entwicklung des weiblichen Archespors äussert. Die axile Embryosackmutterzelle, die sich normal nach der Reduktionsteilung zum Embryosack entwickeln sollte, ist auch unter dieselben hemmenden Faktoren wie der Pollen hineingeraten, und diese erlauben nicht, dass sich der Entwicklungsgang in gewöhnlicher Weise abspielt. Dass sie jedoch einen Versuch in dieser Richtung macht, ergibt sich daraus, dass sie noch immer gewisse Prophasen der Reduktionsteilung durchläuft. Eigentümlicherweise erscheint dieselbe Unregelmässigkeit in der axilen Embryosackmutterzelle bei *A. arvensis*, obgleich diese Art normalen Pollen und auch Befruchtung hat. MURBECK (1901, p. 37) sagt, nachdem er die Übereinstimmung in der Entwicklung des Archespors zwischen erwähnter Art und den

parthenogenetischen *Alchemillen* geschildert hat: »Die axile Embryosackmutterzelle — oder im allgemeinen eine der central gelegenen — bleibt auch bei der betreffenden Art, wenigstens in den meisten Fällen, ungeteilt und zeigt dabei ganz dieselben Struktureigentümlichkeiten u. s. w. wie bei den parthenogenetischen Arten». Die Präparate, die den Figuren MURBECK'S (1901, p. 62—65, Taf. VI) entsprechen, habe ich die Gelegenheit zu untersuchen gehabt, und wie MURBECK konnte ich die grosse Ähnlichkeit der Entwicklung des Archespors zwischen *A. arvensis* einerseits und den Eualchemillen andererseits konstatieren. Dieselbe Ähnlichkeit herrscht auch bei den von mir untersuchten *Alchemilla*-Arten, die zu derselben Sektion wie *A. arvensis* gehören. Auch bei dieser letzteren Art zeigt die axile Embryosackmutterzelle dieselbe Armut an Inhalt im Kern und dieselbe Dünneheit des Cytoplasmas und macht keineswegs den Eindruck, lebenskräftig zu sein. Freilich meint STRASBURGER (1904, p. 127), dass sie sich teile, aber dieselbe Meinung hat er ja hinsichtlich der entsprechenden Zelle der apomiktischen Formen ausgesprochen, obgleich dies, wie sich aus meinen Untersuchungen ergibt, nicht der Fall ist. Es kommt mir statt dessen wahrscheinlich vor, dass diese Zelle hier wie bei den parthenogenetischen *Alchemillen* stirbt und verdrängt wird. Die Aufgabe den Embryosack zu bilden muss somit von den angrenzenden sich teilenden Zellen übernommen werden. Nach MURBECK entsteht der Embryosack aus den durch diese Teilungen entstandenen Tochterzellen »und nicht aus den ungeteilten Mutterzellen». Jede dieser Tochterzellen ist indessen auch bei *A. arvensis* qualifiziert, zum Embryosack auszuwachsen, und die Teilungen, wodurch sie entstanden, können wir aus guten Gründen als der Tetradenteilung in den Pollenmutterzellen homolog betrachten». MURBECK ist nicht ganz sicher, dass diese Teilungen mit Reduktion der Chromosomen verbunden sind. Dass dies nicht der Fall ist, scheint mir deshalb wahrscheinlich, weil er andernfalls ganz gewiss die betreffenden Zellen wenigstens die Vorstadien der Reduktionsteilung durchlaufend gesehen hätte. STRASBURGER (l. c., Fig. 5, Taf. I) giebt zwar an, dass die Kernteilung heterotypisch und die Zahl der reduzierten Chromosomen 16 sein sollte, aber diese sind bei *A. arvensis* wie bei übrigen zu derselben Sektion gehörenden Arten sehr klein, weshalb es mit besonders grossen Schwierigkeiten verbunden ist, eine genaue Berechnung anzustellen. Wenn nun bei den Teilungen, die der Embryosackbildung vorhergehen, die Chromosomen nicht reduziert werden, was ich für wahrscheinlich halte, wird die Eizelle ebenso viele Chromosomen wie die vegetativen Zellen enthalten, d. h. wir haben hier eine Eizelle mit der diploiden Zahl der Chromosomen, und diese Eizelle wird befruchtet, als ob sie haploid wäre, ein Verhältnis, das man bei andern Pflanzen nicht kennt. Dies bedeutet denn auch, dass, wie ich in einem andern Zusammenhang ausführlicher erwähnen werde, die grundwesentliche Verschiedenheit, die viele Autoren zwischen einer haploiden und einer diploiden Eizelle sehen wollen, in der Tat nicht existiert.

Bei *A. arvensis* findet man also dieselbe Uneigentlichkeit in dem weiblichen Geschlechtsapparat wie bei den parthenogenetischen, ohne hier mit Pollensterilität oder Parthenogenesis verbunden zu sein. Dies scheint mir dafür zu sprechen, dass

diese letztere nicht in der intimen Relation zu den sexuellen Verhältnissen steht, wie man es gemeint hat. Es wäre von hohem Interesse kennen zu lernen, wie die mit Befruchtung ausgestatteten subnivalen *Alchemilla*-Arten sich hinsichtlich der axilen Embryosackmutterzelle verhalten.

Was die Ursachen der Parthenogenesis betrifft, ist es wohl am wahrscheinlichsten, dass, wie WINKLER (1906, p. 259) es hervorhebt, »derselbe Komplex von Ursachen, der die parthenogenetische Entwicklung der Eizelle resp. das Unterbleiben der Reduktionsteilung in der Makrospore veranlasste, auch für das Rudimentärwerden der Mikrosporen massgebend war«. Da nun offenbar nicht alle in diesen Komplex eingehenden Faktoren hinsichtlich *A. arvensis* im Stande waren, sich geltend zu machen, sondern den Pollen unberührt liessen, so hat diese Art Befruchtung beibehalten können. Dass innerhalb der Sektion *Eualchemilla* sich nur die subnivalen Arten noch auf geschlechtlichem Wege fortpflanzen, deutet darauf hin, dass die ebenerwähnten Faktoren möglicherweise ökologischer Natur sein können. Eine erneuerte Untersuchung hinsichtlich *A. arvensis*, um vollkommene Gewissheit über das oben berührte Verhältnis zu bekommen, scheint sehr erwünscht, und ist deshalb auch von mir für die nächste Zukunft geplant.

Parthenogenesis und Polymorphismus.

Parthenogenetische Fortpflanzung kommt, wie bekannt, bei mehreren sowohl höheren als niederen Pflanzen vor. Bei OSTENFELD (1910) finden wir eine Zusammenstellung bis dahin bekannter Fälle unter den Phanerogamen. Neuerdings hat HOLMGREN (1916) Parthenogenesis bei *Eupatorium glandulosum* festgestellt, und infolge vorliegender Untersuchung kommt auch die Sektion *Aphanes* der Gattung *Alchemilla* hinzu. Bemerkenswert ist, dass die meisten Gattungen mit parthenogenetischer Fortpflanzung durch Polymorphismus ausgezeichnet sind. Man hat deshalb die Vermutung ausgesprochen, dass dieses Verhältnis kaum rein zufällig sein kann. Man hat auch die Frage aufgeworfen, ob nicht ein näherer Zusammenhang zwischen Parthenogenesis und Polymorphismus vorhanden sein könnte. Schon in seiner ersten Arbeit über vegetative Embryobildung bei den Alchemillen hat MURBECK (1897) die Aufmerksamkeit auf die erwähnte Frage gerichtet. Er fand nämlich, dass die meisten nord- und mitteleuropäischen *Alchemilla*-Arten sich ohne Mitwirkung des Pollens fortpflanzen aber doch vollentwickelte Frucht in fast jeder Blüte hervorbringen. Zu gleicher Zeit fiel ihm auch in hohem Grade die wunderliche Konstanz auf, die für die verschiedenen Arten dieser Gattung bezeichnend war. Er hat Tausende von Individuen verschiedener Formen untersucht, die durcheinander an demselben Ort wuchsen, ohne andere Verschiedenheiten zwischen ihnen als solche, die durch Einwirkung rein äusserer Faktoren hervorgerufen worden sind, wahrnehmen zu können. Dieselbe Formbeständigkeit wird bei den erwähnten Alchemillen

wiedergefunden, auch wenn sie von entfernteren Teilen ihrer respektiven Verbreitungsgebiete stammen. Über die Erklärung dieses allein dastehenden Verhältnisses sagt MURBECK, dass der Grund darin liegen muss, dass die Embryobildung rein vegetativ ist, weshalb der Same und die daraus entwachsende Pflanze nur ein Ableger der Mutterpflanze ist. In seinen späteren Arbeiten über die *Alchemillen* (1901) und die polymorphen Gattungen *Taraxacum* und *Hieracium* (1904) äussert sich MURBECK in derselben Richtung. Er hält auch die Formbeständigkeit dieser letzteren Gattungen für eine Folge ihrer parthenogenetischen Fortpflanzung. Hierdurch werden ja unstreitig die Möglichkeiten erblicher Variation ausgeschlossen, die andern Pflanzen mit Geschlechtsfortpflanzung offen stehen.

Andererseits hat man die Erklärung der Parthenogenesisercheinung gerade im Polymorphismus gesucht. STRASBURGER (1904, p. 144) denkt sich also, dass die Vielgestaltigkeit der *Alchemillen* durch lebhaftete Mutationen — im Sinne DE VRIES' — hervorgerufen worden sind. Die auf diese Weise entstandenen Typen sind später mehrmals mit einander gekreuzt worden, wodurch ihre geschlechtliche Reproduktionsfähigkeit allmählich geschwächt worden ist, was schliesslich zu vollständiger Sterilität geführt hat. Die Unfähigkeit, sich auf sexuellem Wege fortzupflanzen, hat ihrerseits wiederum direkt parthenogenetische Embryobildung hervorgezwungen.

TISCHLER (1908, p. 138) hat derselben Auffassung eine noch bestimmtere Form gegeben. Auch er meint, dass die vielen verschiedenen Formen einiger polymorphen Gattungen, wie *Alchemilla* und *Marsilia*, durch Mutation während einer nicht gar zu entfernten Zeit entstanden seien, wobei Hand in Hand mit der Artbildung eine geschwächte Pollenentwicklung gegangen sei. »Es scheint wohl dabei sicher, dass nicht die Apogamie das Primäre, die Pollenreduktion das Sekundäre ist, sondern dass gerade umgekehrt erstere sich einfand, nachdem eine normale Befruchtung nicht mehr möglich war.« Auch andere Autoren haben sich an diese Auffassung angeschlossen, so z. B. PALM (1914). Wie wir bald sehen werden, ist die oben erwähnte Ansicht nicht richtig, und Einwendungen dagegen sind auch nicht ausgeblieben. So hebt WINKLER (1908, p. 147 ff.) hervor, dass Polymorphie kaum direkt das Ausbleiben der Befruchtung verursachen kann, weil gewisse polymorphe Gattungen, z. B. *Rosa* und *Rubus*, weder sexuell geschwächt worden sind noch sich parthenogenetisch fortpflanzen. Neueren Forschungen gemäss haben jedoch viele *Rubi* und *Rosæ* recht schlechten Pollen; bei einigen *Rosa*-Arten hat LUNDSTRÖM Parthenogenesis nachgewiesen, und in der Gattung *Rubus* kommt nach LIDFORSS Pseudogamie vor. Viele Arten der erwähnten Gattungen sind indessen in ihren sexuellen Organen nicht geschwächt worden. STRASBURGER hat sich auch infolgedessen für eine Verallgemeinerung der Verhältnisse bei *Alchemilla*, wie sie nach seiner Ansicht liegen, entschieden reserviert. WINKLER findet es auch eigentümlich, dass einzelne Gattungen gegen Sterilität mit Parthenogenesis reagieren, da sie sich ebensowohl vegetativer Propagation bedienen könnten, was kein neues und ungeprüftes Mittel bedeuten würde, weil dabei nur eine Fähigkeit in Anspruch genommen wird, die in einer oder der andern Form schon vorher jeder Pflanze zukommt. Deshalb hält

er es für wahrscheinlicher, dass bei stark mutierenden Gattungen oder Arten die Möglichkeit der Entstehung von Individuen mit Anlagen für Parthenogenesis u. s. w. — wenn sie durch äussere Verhältnisse hervorgerufen werden können — grösser als sonst wäre. Da sie, nachdem sie parthenogenetisch geworden sind, Kreuzungen mit andern Mutanten entzogen sind, können sie sich später völlig konstant erhalten.

Ganz gewiss kann man nicht den Polymorphismus für die Entstehung der Parthenogenesis verantwortlich machen. Schon JORDAN (1873) hat nachgewiesen, dass mehrere Pflanzenarten polymorph sind, und fortgesetzte artsystematische Untersuchungen haben bewiesen, dass Polymorphismus eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist. In der Tat könnte man sagen, dass er allen Organismen zukommt. Bei Arten mit Kreuzbefruchtung fällt er indessen nicht so scharf in die Augen, weil die kleinsten Formen nicht konstant sind, sondern die extremsten Typen durch gleichmässige Übergänge mit einander verbunden werden. Früher meinte man, dass die Ursache dazu in einer innewohnenden Neigung zu Variation zu suchen sei, aber die moderne Vererbungsforschung hat eine mehr befriedigende Erklärung über hierher gehörende Verhältnisse abgegeben. Bei den allogamen Organismen sind also die kleinsten systematischen Einheiten nicht beständig, weil die überwiegende Mehrzahl derselben aus komplizierten Heterozygoten besteht, die bei Kreuzbefruchtung neue Genkombinationen eingehen und dann in eine grosse Zahl verschiedener Individuen gespaltet werden. Durch wiederholte Selbstbefruchtung, wenn eine solche einige Generationen hindurch möglich ist, sollte man indessen Homozygoten, d. h. konstante Formen, hervorbringen können, die ihre Beständigkeit behalten, so lange Kreuzbefruchtung verhindert wird. Bei autogamen Organismen dagegen besteht eine Population aus einer Menge Homozygoten oder, wie man auch zu sagen pflegt, reinen Linien. Eine Art, die sich in grosser Ausdehnung durch Selbstbefruchtung vermehrt, wird deshalb viele wohl getrennte kleinste Typen enthalten, mit andern Worten die Art ist polymorph. Nun können indessen auch Heterozygoten konstant erhalten werden, wenn sie ausschliesslich vegetativ vermehrt werden, wobei so genannte Klonen entstehen. Wenn wir uns denken, dass eine kreuzbefruchtende Art von geschlechtlicher Fortpflanzung zu parthenogenetischer übergegangen wäre, so hätte sie sich dadurch ein Mittel erworben, die vorhandenen Typen konstant zu halten. Es würde eine Anzahl Klonen entstehen, die infolge der Parthenogenesis verhindert sind, Kreuzungen mit einander einzugehen, und wir würden eine Art mit deutlich hervortretendem Polymorphismus vor uns sehen. Es ist ersichtlich, dass auf diese Weise der viel umstrittene Polymorphismus bei den parthenogenetischen Pflanzen entstanden ist, wenn sie sich vorher durch Kreuzbefruchtung fortpflanzten.

Ein näherer Zusammenhang zwischen Parthenogenesis und Polymorphismus existiert also nicht, was auch NILSSON-EHLE (1915, p. 36) hervorgehoben hat. Weil so viele parthenogenetische Gattungen zu gleicher Zeit polymorph sind, lag es nahe, eine nähere Relation zwischen den beiden Erscheinungen anzunehmen, aber nach dem, was oben angeführt worden ist, sehen wir ein, dass dieser Zusammenhang

nur scheinbar ist. Der Polymorphismus hat nicht Parthenogenesis hervorrufen können, sondern diese hat im Gegenteil deutlich hervortretenden Polymorphismus veranlasst. Also können wir MURBECK darin beistimmen, dass die Formbeständigkeit der Alchemillen auf ihrer parthenogenetischen Fortpflanzung beruhe, sowie auch OSTENFELD, welcher sagt, »that the polymorphism is correlated to the apogamy in such a manner only that apogamy, through the constancy of the species, apparently furthers the polymorphism».

In diesem Zusammenhang hat man auch die Frage lebhaft erörtert, ob bei apomiktischen Pflanzen erbliche Variation zu Stande kommen kann. Sind die vielen kleinsten Typen bei *Alchemilla*, *Taraxacum*, *Hieracium* u. s. w. vor oder nach dem Zeitpunkt entstanden, wo apomiktische Fortpflanzung die geschlechtliche ersetzte? Gewisse Autoren, wie RAUNKIÆR (1903), WINKLER (1908) und OSTENFELD (1910), sind der Ansicht, dass Variationen und Mutationen auch bei den parthenogenetischen Pflanzen vorkommen; andere, wie MURBECK (1904), sind über die Richtigkeit dieser Ansicht wenigstens im Zweifel.

Erbliche Variation infolge Neukombination ist natürlich ausser acht zu lassen, weil die Eizelle ohne Befruchtung entwickelt wird. Es fragt sich denn, ob Mutationen auch bei apomiktischen Formen entstehen. Zufolge der modernen Vererbungsforschung sind Mutationen im Sinne DE VRIES' zweifelhaft. Besonders hat HERIBERT-NILSSON (1912) nachgewiesen, dass einige *Oenothera*-Mutanten sicherlich zu Neukombinationen zu rechnen sind. Man kennt jedoch nunmehr eine andere Art Mutation, und zwar das Auftreten erblicher Verschiedenheiten bei den Nachkommen, mit den Eltern oder mit dem einen verglichen, wenn es nur ein ist, infolge innerer unbekannter Ursachen. Solche Mutationen sind eine im Leben der Pflanze mehr normal auftretende Erscheinung, setzen nicht nur während gewisser Perioden ein und kommen wahrscheinlich bei den meisten Pflanzen vor. Es handelt sich nur darum, diese einer hinreichend sorgfältigen Untersuchung zu unterwerfen, um den Wert solcher Variationen richtig beurteilen zu können, denn sie sind schwer von Neukombinationen zu unterscheiden. Von diesen Mutationen schreibt BAUR (1914, p. 279), dass sie »kommen zwar sicher häufiger vor, als man denkt, — es werden die wenigsten kleinen Mutationen als solche erkannt — aber so häufig, dass sie in nennenswertem Grade an der »individuellen Variabilität« einer Sippe beteiligt wären, sind sie gewiss nicht«. Wenn dem so ist, wären es wohl Mutationen dieser Art, von denen man denken könnte, dass sie zur Variation der parthenogenetischen Pflanzen beitragen. Dass solche wahrscheinlich doch nicht bei den apomiktischen Alchemillen vorkommen, scheint aus MURBECK's Untersuchungen hervorzugehen, denn wenn sie wirklich vorhanden wären, hätte er wohl einige Beobachtungen in dieser Richtung gemacht bei Untersuchung von Tausenden von Individuen verschiedener Formen. Nicht viel wahrscheinlicher ist das Vorkommen von Mutationen bei *Taraxacum*, da auch bei dieser Gattung nach RAUNKIÆR die Typen sehr konstant sind. Vorausgesetzt dass die Parthenogenesisercheinung von hohem Alter ist, scheint es jedoch MURBECK als denkbar, dass neue Formen innerhalb der Gattung

Hieracium aus schon apomiktischen Eltern entstehen können. Indessen erklärt er sich nicht ganz überzeugt, dass diese Voraussetzung richtig ist. OSTENFELD dagegen nimmt an, dass Neubildung von Arten hier ganz gewiss Hand in Hand mit »Apogamie« vor sich geht. Er hat auch die Entstehung eines Mutanten in einer F_2 -Generation eines apogamen Elters konstatiert, aber nur eines einzigen. Mir scheinen keine prinzipiellen Gründe vorzuliegen, die absolut dagegen sprechen, dass dies wirklich eintreffen kann. Wahrscheinlich können vegetative Mutationen ebenso wohl bei parthenogenetischen Pflanzen wie bei Pflanzen mit normaler Befruchtung entstehen, aber hinsichtlich der Gattungen *Alchemilla* und *Taraxacum* kann ich kaum glauben, dass sie sich immer notwendig einstellen müssen, und mit Bezug auf *Hieracium* ist es unwahrscheinlich, dass sie so gewöhnlich sind, dass sie in wesentlichem Grade zu dem ausserordentlichen Formenreichtum dieser Gattung beigetragen haben. Hiermit stimmt übrigens BAUR's Ansicht überein, dass nämlich Mutationen freilich häufiger vorkommen, als man gedacht hat, dass sie aber nicht in grösserer Ausdehnung zu individueller Variation beitragen. Indessen kennt man noch so lange nicht vieles von Mutationen. Mit Bestimmtheit kann man deshalb nur behaupten, dass parthenogenetische Gattungen sich sehr gut für Untersuchungen dieser Art eignen, weil bei ihnen andere Formen erblicher Variation ausgeschlossen sind.

Einige Bemerkungen zur Nomenklatur.

Im Vorstehenden habe ich wie MURBECK und gewisse andere Autoren den Terminus Parthenogenesis benutzt, um die Entstehung des Embryos aus einer unbefruchteten Eizelle, deren Chromosomenzahl die diploide ist, zu bezeichnen. Viele Forscher bedienen sich der Bezeichnung Apogamie für solche Embryobildung, beschränken aber nicht diesen Begriff nur auf ebenerwähnte Form geschlechtsloser Vermehrung, sondern benutzen auch das Wort in weiterem Sinne. Da die hergehörige Terminologie also nicht ganz distinkt ist, möchte ich hier auch etwas näher die Gründe auseinandersetzen, die mich veranlasst haben, den Terminus Parthenogenesis zu wählen.

Das Wort Parthenogenesis schreibt sich von OWEN (1849) her, welcher diesen Terminus für den Propagationsprozess benutzte, der bei einigen niederen Tierformen vorkommt, wo eine geschlechtslose Generation regelmässig mit einer geschlechtlichen abwechselt. Ihre moderne Bedeutung hat indessen Parthenogenesis erst durch von SIEBOLD (1856), ebenfalls Zoolog, erhalten, indem er als wirklich parthenogenetisch die Entwicklung neuer Individuen aus den unbefruchteten Eiern der Bienenweibchen und gewisser Schmetterlingen mit normalen Reproduktionsorganen bezeichnete. Nach von SIEBOLD nahmen auch die Botaniker den Terminus Parthenogenesis auf. Da der Bau der Samenanlage zu jener Zeit nicht bekannt war, ist es begreiflich, dass man anfangs, wie z. B. BRAUN (1857) und REGEL (1859), unter Parthenogenesis die Entstehung —

im allgemeinen — von Samen aus der Samenanlage ohne Mitwirkung des Pollens verstand. Als später der Bau der Samenanlage näher untersucht worden war, erhielt Parthenogenesis in der botanischen Litteratur dieselbe Bedeutung, wie in zoologischem Sinne, nämlich die weitere Entwicklung der Eizelle ohne Befruchtung.

Apogamie dagegen ist von DE BARY (1878, p. 479) eingeführt, welcher darunter den Verlust einer Art von ihrer sexuellen Reproduktionsfähigkeit — »Zeugungsverlust« — und deren Ersetzung auf andere Weise verstand. In diesem ihren ursprünglichen Sinn ist der Terminus Apogamie indessen nicht beibehalten worden. Vielmehr hat er bei verschiedenen Forschern eine wechselnde Bedeutung bekommen. So hat JUEL (1900, p. 40) Apogamie einen beschränkteren Sinn geben wollen, indem er eine solche vorhanden zu sein meint, wenn ein Gametophyt ohne geschlechtliche Fortpflanzung einen Sporophyten entwickelt. Auch mit einer solchen Definition wird doch Apogamie ein ziemlich vieldeutiger Begriff. Dahin rechnet er nämlich nicht nur gewisse Farnkräuter, deren Prothallien die Fähigkeit haben, eine neue Sporophyten-generation ohne Befruchtung hervorzubringen, sondern auch die Angiospermen, bei welchen sich der Embryo aus irgend einer der Antipoden oder einer der Endospermzellen entwickelt. Parthenogenesis sollte sogar nur ein Spezialfall der Apogamie sein. Ungefähr in demselben Sinn wie JUEL benutzen COULTER und CHAMBERLAIN (1903, p. 210) das Wort Apogamie. Sie scheinen jedoch ein gewisses Bedenken gegen die Benutzung derselben Bezeichnung sowohl für die Entwicklung der Eizelle als diejenige der übrigen Zellen im Embryosacke zum Embryo ohne Befruchtung zu tragen. Wenn die Embryobildung von einer andern Zelle als der Eizelle ausgeht, schlagen sie nämlich den Terminus vegetative Apogamie vor, dadurch zur Hälfte zugebend, dass die apogame Entwicklung der Eizelle nicht in gleichem Masse vegetativ ist. Entsteht der Embryo aus Zellen ausserhalb des Embryosacks, wird der Verlauf gewöhnlicher Knospung gleichgestellt. Einen deutlich markierten Unterschied hinsichtlich der Art der Embryogenese, die davon abhängt, von welchen der Zellen des Embryosacks die Entwicklung ausgeht, finden wir dagegen bei GUERIN (1904, p. 80) und TREUB (1905, p. 149). Wenn nämlich eine andere Zelle des Embryosacks als die Eizelle die Entstehung eines Embryos auf asexuellem Wege veranlasst, benutzen diese Autoren den Terminus Apogamie, andernfalls Parthenogenesis. TREUB unterscheidet wie WINKLER (1906) generative und somatische Parthenogenesis, je nachdem die Chromosomen der Eizelle reduziert sind oder nicht. STRASBURGER (1904, p. 113) hebt mit grösster Schärfe hervor, dass die Embryoentwicklung der Eualchemillen nicht parthenogenetisch sondern apogam ist, weil die Chromosomen der Eizelle, die bei diesen Pflanzen trotz ausgebliebener Befruchtung den Ausgangspunkt der Embryoentwicklung bildet, nicht reduziert sind. Er sieht nur einen Gradunterschied zwischen einer solchen Fortpflanzung und derjenigen, wo der Embryo aus einer Nucelluszelle entsteht. »Streng genommen würde somit der aus einem apogamen »Ei« sich entwickelnde »Keim« auch mehr einen Adventivkeim darstellen und liesse der Vorgang sich als oogame Apogamie bezeichnen.« Parthenogenesis liegt, nach STRASBURGER, nur dann vor,

wenn eine Eizelle mit reduzierter Chromosomenzahl ohne Befruchtung einen Embryo erzeugt. Er spricht also einer mit der diploiden Zahl der Chromosomen ausgerüsteten Eizelle alle Eigenschaften ab, die andernfalls, d. h. wenn sie nur haploid gewesen wäre, dieser Eizelle zukommen würden, obgleich sonst keine Verschiedenheit zwischen ihnen anzuführen ist. FARMER und DIGBY (1907, p. 192) versuchen sich an einem Kompromiss, indem sie zwei Arten von Apogamie unterscheiden, nämlich Parthenapogamie, d. h. die Entstehung eines Sporophyten aus der unbefruchteten diploiden Eizelle, und Euapogamie, d. h. die Entwicklung des Sporophyten auf ungeschlechtlichem Wege aus dem Gametophytengewebe. OSTENFELD (1910, p. 268) endlich definiert Apogamie so, dass darunter ungeschlechtliche Entwicklung eines Sporophyten aus einer oder der andern der Zellen eines Gametophyten zu verstehen ist, wenn nämlich die Chromosomen nicht reduziert sind. Andere Autoren benutzen den Terminus Apogamie, ohne näher anzugeben, auf welche Form derselben sie sich beziehen. Das Angeführte dürfte deutlich genug zeigen, welche wechselnde Bedeutung das Wort erhalten hat.

Die Schwierigkeiten einer so unbestimmten Terminologie könnten leicht überwunden werden, wenn man sich über diejenige einigen wollte, die WINKLER (1908, p. 11) vorgeschlagen hat und welche mir ganz befriedigend erscheint. Es scheint ihm nicht angemessen, die Apogamie in ihrer alten Bedeutung nach DE BARY wieder einzuführen, was vielleicht doch das richtigste gewesen wäre, sondern schlägt einen ganz neuen Terminus vor, Apomixis, worunter er die Ersetzung der geschlechtlichen Fortpflanzung mit geschlechtsloser versteht. Apomixis ist also mit Apogamie in dessen ursprünglichem Sinne gleichbedeutend. Unter Apomixis ordnet dann WINKLER die verschiedenen Formen asexueller Fortpflanzung ein, wovon folgende Kategorien zu bemerken sind:

1. Vegetative Propagation. In diesem Zusammenhang für unsere Auseinandersetzungen ohne Interesse:

2. Apogamie, d. h. die Entstehung eines Sporophyten aus den vegetativen Zellen eines Gametophyten, aber ohne Befruchtung. Von Apogamie sind zwei Formen zu unterscheiden: somatische und generative. Bezeichnend für die somatische ist, dass die Zelle oder der Zellenkomplex, der sich zum Sporophyten entwickelt, die diploide Chromosomenzahl hat, während hingegen diese Zahl bei generativer Apogamie auf die Hälfte reduziert ist.

3. Parthenogenesis ist die apomiktische Entwicklung der Eizelle zum Embryo. Auch von Parthenogenesis kommen zwei Formen vor: somatische, wenn die Chromosomenzahl die diploide, generative hingegen, wenn diese Zahl die haploide ist.

Meiner Meinung nach ist es ganz berechtigt, den Terminus Parthenogenesis für den Fall zu behalten, wenn die Eizelle sich apomiktisch entwickelt. Schon aus Prioritätsgründen ist dies am geeignetsten. Für die Entwicklung der haploiden Eizelle ohne Befruchtung stimmen alle überein den Terminus Parthenogenesis zu benutzen, aber wenn es sich um dieselbe Entwicklung der diploiden Eizelle handelt, gehen die Meinungen auseinander. In diesem letzteren Fall meint man, dass die Entwicklung

nicht parthenogenetisch sondern apogam ist, weil man die diploide Eizelle als ganz homolog mit den vegetativen Zellen des Sporophyten betrachtet. Am stärksten kommt diese Auffassung zum Ausdruck bei STRASBURGER. WINKLER (1908, p. 105 ff.) sieht indessen die Sache auf andere Weise an. Das diploide Ei, wie er der Kürze wegen die Eizelle mit derselben Anzahl Chromosomen wie die vegetativen Zellen nennt, — im Gegensatz dazu steht denn das haploide Ei mit nur halb so vielen Chromosomen — hat freilich dieselbe Form wie die haploide, aber nur aus diesem Grunde kann man nach WINKLER keinen endgültigen Schluss auf ihre Gleichwertigkeit ziehen. Dass indessen das diploide Ei mit einer vegetativen Sporophytenzelle nicht ganz homolog ist, darauf schliesst er sich auch aus dem Grunde, dass diöcische Pflanzen mit somatischer Parthenogenesis sowohl männliche als weibliche Abkommen hervorbringen können. Wäre das diploide Ei mit einer gewöhnlichen vegetativen Zelle homolog, würden daraus nur weibliche Pflanzen entstehen. Ein anderer Umstand, der in derselben Richtung hindeutet, ist »dass die Adventivembryobildung aus Nucelluszellen, also aus Sporophytenzellen, wie sie bei *Coelebogyne* u. s. w. vorkommt, so gut wie immer, Parthenogenesis dagegen, auch somatische, so gut wie nie mit Polyembryonie verknüpft zu sein pflegt». Wenn es unter solchen Verhältnissen, wie es WINKLER meint, derselbe spezifische Reiz ist, der in den beiden eben erwähnten Fällen die Embryoentwicklung auslöst, so mussten, wenn die Eizelle und die Nucelluszellen gleichwertig wären, beide Arten von Zellen auf gleichartige Weise reagieren. Eine Mehrzahl angrenzenden Nucelluszellen können ja, bei Pflanzen mit Nucellarembryonie, in Entwicklung treten. Dass nicht die Eizelle dies auch tut, kommt darauf an, dass sie auf andere Weise als die vegetativen Zellen organisiert ist. WINKLER hebt weiter hervor, dass man sicher die Bedeutung der Chromosomenzahl für die physiologischen Funktionen der Zelle überschätzt, wenn man mit STRASBURGER meint, dass das diploide Ei nichts anderes als eine gewöhnliche Sporophytenzelle ist. »Finden wir doch, dass alle die zahllosen Zellen des Sporophytenkörpers trotz — im allgemeinen — gleicher (diploider) Chromosomenzahl doch in ihren morphologischen Eigenschaften und physiologischen Leistungen tausendfach von einander verschieden sind»; und weiter: »Ebenso sind doch zweifellos die Zellen des Gametophyten, etwa die Rhizoiden, Assimilations- und Keimzellen eines *Asplenium*-Prothalliums, oder Ei, Synergiden und Antipoden einer Phanerogame sehr wesentlich von einander verschieden wenn sie auch alle die gleiche (haploide) Chromosomenzahl führen». In dieser Frage stimme ich WINKLER zu und bin also der Ansicht, dass man nicht eine Eizelle mit reduzierter Chromosomenzahl als homolog mit jeder beliebigen Sporophytenzelle und die Eigenschaften der Geschlechtszellen entbehrend, betrachten darf. Denn wenn diese Eizelle trotz ihrer vegetativen Chromosomenzahl doch befruchtet werden könnte, würde denn jemand ihr den Charakter einer Geschlechtszelle absprechen? Gewiss nicht. Dies Verhältnis aber ist es gerade, das mir aus guten Gründen bei *Alchemilla arvensis* vorhanden zu sein scheint. Ausführlicher habe ich diese Frage in einem vorhergehenden Kapitel behandelt und will hier nur bemerken, dass WINKLER (1908, p. 91) mit Bezug auf *Hieracium excellens* hervorhebt, dass

man es nicht für ausgeschlossen halten darf, dass die diploide Eizelle eines durch Aposporie entstandenen Embryosacks möglicherweise befruchtet werden kann.

Der grosse Vorteil der Terminologie WINKLER's liegt darin, dass er für jeden einzelnen Fall apomiktischer Embryobildung einen konzisen Terminus hat, während der weitumfassende Begriff Apogamie, wie dieser heutzutage benutzt wird, dagegen immer von einer Erklärung darüber begleitet werden muss, welche Form apomiktischer Entwicklung berücksichtigt wird. In allerletzter Zeit hat sich auch E. BAUR ganz an WINKLER angeschlossen und benutzt in seiner Arbeit (1917, p. 320) die Terminologie desselben.

Zusammenfassung.

In der Gattung *Alchemilla* ist, wie bekannt, die sexuelle Fortpflanzung in grosser Ausdehnung verloren gegangen und mit parthenogenetischer ersetzt worden. Dies gilt, wie es MURBECK (1897 und 1901) gezeigt hat, zahlreichen der Sektion *Eualchemilla* angehörenden europäischen Arten. Für die zwei anderen Sektionen der Gattung ist dagegen Parthenogenesis bisher nicht bekannt gewesen.

Ich habe deshalb zwei der Sektion *Aphanes* angehörenden süd- und central-amerikanischen Arten, *A. orbiculata* Ruiz et Pav. und *A. vulcanica* Cham. et Schl., eine diesbezügl. Untersuchung gewidmet. Sie verhielten sich nämlich bei Kultur in dem botanischen Garten zu Lund tatsächlich derartig, dass man veranlasst war, parthenogenetische Embryobildung bei ihnen zu vermuten.

Bei eingehender Untersuchung des Pollens ist in der Tat hervorgegangen, dass beide Arten pollensteril sind. Bei *A. orbiculata* entwickeln sich zwar in jedem Antherenfach einige scheinbar gut ausgebildete Pollenkörner; sie sind indessen nicht keimfähig. Bei *A. vulcanica* fliesst der Inhalt der Antherenfächer zu einer formlosen Masse zusammen, und bei dieser Art öffnen sich die Antheren nicht.

Trotz der völligen Untauglichkeit des Pollens wird doch gute Frucht in fast jeder Blüte ausgebildet, und da es ausserdem hervorgegangen ist, dass es die Eizelle ist, die sich zum Embryo entwickelt, haben sich demzufolge beide diese Arten als parthenogenetisch erwiesen.

Betreffs der Entwicklung der Samenanlage und des Embryosacks ist folgendes besonders hervorzuheben. Die axile Embryosackmutterzelle tritt in Synapsis ein, verhält sich aber darauf in ganz derselben Weise, wie es MURBECK (1901, p. 15) hinsichtlich der entsprechenden Zelle der *Eualchemillen* nachgewiesen hat. Sie ist also keinen vegetativen Teilungen unterworfen, d. h. Teilungen, die nicht mit einer Chromosomenreduktion verbunden sind, was STRASBURGER (1904, p. 107) gefunden zu haben meint. Die betreffende Zelle wird im Gegenteil ausgesogen und von den umgebenden Zellen des sporogenen Gewebes verdrängt, kann also den Embryosack nicht erzeugen. Dagegen machen mehrere angrenzende Embryosackmutterzellen eine Tetradenteilung durch, obgleich wahrscheinlich Reduktion der Chromosomen dabei ausbleibt. Von den auf diese Weise entstandenen Tochterzellen kann jede beliebige sich zum Embryosack entwickeln.

Die drei Zellen des Eiapparats entbehren Vacuolbildungen im Cytoplasma und sind am häufigsten einander sehr gleich, was auf eine geringe Spezialisierung derselben hindeutet.

Eine oder mehrere Antipoden sind beweglich und wandern oft mit dem andern Polkern zur Mitte des Embryosacks hinauf, warum man da mehrere solche Kerne finden kann.

Die Antipoden teilen sich oft, umgeben sich mit grossen Cytoplasmamassen und bleiben lange am Leben, was mit der Nährstoffzufuhr zum Embryo zusammenhängt. Dieses Verhältnis der Antipoden ist auch für *A. arvensis* charakteristisch.

Der Embryo entsteht, wie schon erwähnt, durch Teilungen der unbefruchtet gebliebenen Oosphäre.

Eine ganze Reihe anderer süd- und mittelamerikanischen Arten, von welchen Herbarmaterial teils von MURBECK teils vom Verfasser untersucht worden ist, sind aber, obgleich sie reichlich fruktifizieren, ebenfalls als pollensteril gefunden. Es ist daraus anzunehmen, dass Parthenogenesis auch in der Sektion *Aphanes* weit verbreitet ist. Da auch eine regelmässig fruchttragende Art der Sektion *Fockella* untauglichen Pollen hat, kommt Parthenogenesis wahrscheinlich auch in dieser Sektion vor. Weil also apomiktische Fortpflanzung wahrscheinlich in allen drei Abteilungen der Gattung vorhanden ist und diese ausserdem eine sehr weite geographische Verbreitung hat, scheint die Parthenogenese hier eine sehr alte Erscheinung zu sein.

Bei *A. arvensis*, die die Befruchtung beibehalten hat, können möglicherweise die Teilungen, wodurch der Embryosack zu stande kommt, ohne Reduktion der Chromosomen sich abspielen. Diese Frage beabsichtigt indessen der Verf. erst in einer folgenden Publikation näher zu erörtern. Wenn dies aber tatsächlich der Fall sein sollte, wird offenbar die Eizelle die diploide Zahl der Chromosomen enthalten. Der Pollen ist hier normal entwickelt. Bei dieser Art ist es dann möglich, dass dieselbe Uneigentlichkeit in dem weiblichen Geschlechtsapparat wie bei den parthenogenetischen vorhanden ist, während die männlichen Geschlechtsorgane auf normale Weise funktionieren. Da indessen die Befruchtung beibehalten ist, scheint es auch hieraus ersichtlich, dass parthenogenetische Fortpflanzung nicht direkt von Störungen in den sexuellen Organen bedingt werden kann, sondern diese wie auch die Parthenogenese selbst können vielleicht wahrscheinlicher der Einwirkung äusserer Faktoren zugeschrieben werden.

Mehrere Autoren haben geglaubt, dass Polymorphismus Parthenogenesis verursacht hätte. Ein solcher Zusammenhang zwischen den beiden Erscheinungen existiert indessen nicht. Die Ursache, dass so viele parthenogenetische Gattungen zugleich polymorph sind, liegt darin, dass bei Pflanzen mit parthenogenetischer Fortpflanzung der Polymorphismus auffälliger wird, wenn er nicht schon früher deutlich war. Denn Polymorphismus kommt bei fast allen Pflanzen vor, tritt aber nur bei stark selbstbefruchtenden Arten scharf hervor; bei kreuzbefruchtenden dagegen ist er verborgen, weil die extremen Typen durch kontinuierliche Übergänge mit einander verbunden werden. Erbliche Variation kommt wahrscheinlich nicht bei der Gattung

Alchemilla vor, weil die vielen Typen hier so konstant sind, dass keine andern Verschiedenheiten zwischen ihnen zu finden sind als solche, die durch Einwirkung äusserer Faktoren verursacht worden sind. Parthenogenetische Gattungen eignen sich indessen sehr gut für Studien über möglicherweise erscheinende Mutationen, da ja Variation durch Neukombination bei ihnen nicht vorkommen kann.

Die Nomenklatur auf dem hier behandelten Gebiete ist ziemlich unbestimmt, indem die ²/₃ Bezeichnungen Parthenogenesis und Apogamie durcheinander benutzt werden. Um den dadurch entstandenen Schwierigkeiten zu entgehen, will der Verfasser einen Anschluss an die von WINKLER (1908, p. 11) vorgeschlagene, ganz konzise Terminologie empfehlen, die zudem aus Prioritätsgründen vorzuziehen ist.

Litteraturverzeichnis.

- BAUR, E., (1914) Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. 2. Auflage, Berlin 1914.
- , (1917) Physiol. u. Ökol.: Die Kultur der Gegenwart, Herausg. v. P. HINNEBERG, Teil III Abteil. IV: 3.
- BRAUN, A., (1857) Über Parthenogenesis bei Pflanzen. Abhandl. d. kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, Phys. Kl., 1856, p. 311—376.
- COULTER, J. M., and CHAMBERLAIN, C. J. (1903) Morphology of Angiosperms, (Morphology of Spermatophytes, Part II) 1903.
- FARMER, J. B., and DIGBY, L. (1907) Studies in Apospory and Apogamy in Ferns. Ann. of Botany, Bd. 21, 1907, p. 161—199.
- GUERIN, P., (1904) Les connaissances actuelles sur la fécondation chez les phanérogames. Paris 1904.
- HERIBERT-NILSSON, N., (1912) Die Variabilität der *Oenothera Lamarckiana* und das Problem der Mutation. Zschr. f. ind. Abst.- und Vererbungslehre, Bd. 8, 1912.
- HOLMGREN, I., (1916) Apogamie in der Gattung *Eupatorium*. Svensk Bot. Tidskr., Bd. 10, 1916.
- JORDAN, A., (1873) Remarques sur le fait de l'existence en société, à l'état sauvage des espèces végétales affines, etc. Lyon 1873.
- JUEL, H. O., (1900) Vergleichende Untersuchung über typische und parthenogenetische Fortpflanzung bei der Gattung *Antennaria*. Kungl. Sv. Vet. Akad. Handl., Bd. 33, 1900.
- LAGERBERG, T., (1909) Studien über die Entwicklungsgeschichte und systematische Stellung von *Adoxa moschatellina* L. Kungl. Sv. Vet. Akad. Handl., Bd. 44, 1909.
- MALTE, M. O., (1910) Embryologiska och cytologiska undersökningar över *Mercurialis annua* L. Lund 1910.
- MURBECK, S., (1897) Om vegetativ embryobildning hos flertalet *Alchemilla* och den förklaring över formbeständigheten inom släktet, som densamma innebär. Bot. Not. 1897.
- , (1901) Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung *Alchemilla*. Lunds Univ. Årsskr., Bd. 36, Afd. 2, 1900.
- , (1902) Über Anomalien im Baue des Nucellus und des Embryosackes bei parthenogenetischen Arten der Gattung *Alchemilla*. Lunds Univ. Årsskr., Bd. 38, Afd. 2, 1902.
- , (1904) Parthenogenese bei den Gattungen *Taraxacum* und *Hieracium*. Bot. Not., 1904.
- , (1915) Zur Morphologie und Systematik der Gattung *Alchemilla*. Lunds Univ. Årsskr., Bd. 11, Afd. 2, 1915.
- NILSSON-EHLE, H., (1915) Den moderna ärftlighetsläran och dess betydelse för växtodlingen. Stockholm 1915.
- OSTENFELD, C. H., (1910) Further Studies on the Apogamy and Hybridization of the *Hieracia*. Zschr. f. ind. Abst.- und Vererbungslehre, Bd. 3, 1910, p. 241—245.
- OWEN, R., (1849) On Parthenogenesis or the successive production of procreating individuals from a single ovum. 1849, In 8.
- PALM, Bj., (1914) Zur Embryologie der Gattungen *Aster* und *Solidago*. Acta Horti Bergiani, Bd. 5, 1914.
- RAUNKJÆR, E., (1903) Kimdannelse uden Befrugtning hos Melkebøtte (*Taraxacum*) Bot. Tidskr., Bd. 25, København. 1903.
- REGEL, E., (1859) Die Parthenogenesis im Pflanzenreiche. Mém. de l'Acad. impér. des Sciences de St. Pétersbourg, VII sér., Bd. 1, 1859.

- SIEBOLD, TH. VON, (1856) Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlingen und Bienen. Ein Beitrag zur Fortpflanzungsgeschichte der Tiere. In. 8, Leipzig, 1856 (analysé par M. Young dans Ann. des Scien. Natur., Tome VI, 1856.)
- STRASBURGER, E., (1904) Die Apogamie der Eualchemillen und allgemeine Gesichtspunkte, die sich aus ihr ergeben. Jahrb. f. wissensch. Bot., Bd. 41, 1904.
- TISCHLER, G., (1908) Zellstudien an sterilen Bastardpflanzen. Arch. f. Zellforsch. Bd 1, 1908.
- TREUB, M., (1905) L'apogamie de l'Elatostema acuminatum Brongn. Ann. du Jardin botan. de Buitenzorg, 2 sér., Tome 5, 1905.
- TÄCKHOLM, G., (1914) Zur Kenntnis der Embryosackentwicklung von Lopezia coronata Andr. Svensk Bot. Tidskr., Bd. 8, 1914.
- WINKLER, H., (1906) Über Parthenogenesis bei Wikstroemia indica (L.) C. A. Mey. Ann. du Jardin botan. de Buitenzorg, T. 5, 1906.
- , (1908) Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreiche. Progr. rei bot., Bd. 2, 1908.

STATISTICAL MECHANICS

BASED ON THE LAW OF NEWTON

BY

C. V. L. CHARLIER

WITH 8 FIGURES IN TEXT

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Read in the Royal Physiographical Society Mars 14, 1917.

LUND 1917
PRINTED BY HÅKAN OHLSSON

CONTENTS.

| | |
|--|----|
| Introduction | 1 |
| Chapter I. The fundamental differential equation in statistical mechanics. | |
| § 1. Continuous changes of the velocities | 3 |
| § 2. Discontinuous changes of the velocities | 6 |
| Chapter II. Passages. | |
| § 3. Definitions | 8 |
| § 4. Number of stars thrown out | 9 |
| § 5. Number of stars thrown in | 10 |
| § 6. Increase in the number of stars | 11 |
| §§ 7—10. Relations between the velocities before and after a passage | 12 |
| §§ 11—17. The integral invariant in statistical mechanics | 17 |
| § 18. Final form of the passagefunction $\nabla(f)$ | 24 |
| Chapter III. Collisions. | |
| § 19. Relation between the velocities before and after a collision | 26 |
| § 20. The integrals of areas | 27 |
| § 21. The energy integral | 27 |
| § 22. Number of stars thrown out | 28 |
| § 23. Number of stars thrown in | 29 |
| § 24. The collision function | 30 |
| § 25. Total number of collisions | 31 |
| Chapter IV. The H-theorem. | |
| §§ 26—27. An auxiliary theorem | 34 |
| §§ 28—29. The H -theorem | 37 |
| § 30. The paradox of Loschmidt | 39 |
| § 31. General remarks on the H -theorem | 40 |
| Chapter V. Integration of the fundamental equation in statistical mechanics. | |
| § 32—33. Some theorems on the development of a frequency function in a series of type A | 42 |
| § 34. A -series with several variables | 44 |
| § 35. Integration of the fundamental equation | 45 |
| § 36. Remarks | 48 |

Chapter VI. Development of the passage-function.

| | |
|---|----|
| § 37—41. Introductory remarks | 49 |
| § 42. Integration regarding b | 55 |
| § 43. Integration regarding the velocities | 57 |
| § 44. Development of $f_1 f_2$ | 58 |
| § 45. Computation of a_{ijk} accepting the repulsion law of MAXWELL | 62 |
| § 46. Computation of a_{ijk} accepting the law of NEWTON | 63 |
| § 47. Discussion of the integral T | 68 |
| § 48. Discussion of the function ψ | 72 |

Chapter VII. The time of relaxation.

| | |
|--|----|
| § 49. Terms of the second order | 78 |
| § 50. Formulae for numerical computation | 81 |
| § 51. The time of relaxation for stars | 83 |
| § 52. The constant of attraction for molecules | 84 |

INTRODUCTION.

The problem of the motion of the stars is essentially different from that of the motion of the members of our planetary system. In the latter case the constants of integrations are known for each individual planet from many years or many centuries of observations, and the position and the velocity of each planet or satellite may be computed in advance for long periods with an accuracy generally surpassing the errors of observation.

With regard to the stars, matters stand otherwise. The coordinates and the velocities of the stars are very roughly known, and even if this accuracy could be multiplied ten thousand or a million times the possibility of treating the motions of the stars according to the methods of classical mechanics would be as remote as it is at present.

More precisely expressed the problem resolves itself into two distinct parts. We may consider the motion of each individual star as governed by the attraction of the whole stellar universe (the Milky Way) just as we consider the motion of an element of a fluid body as determined by the attraction of the whole fluid mass. This is a problem in rational mechanics and it may be treated as such, as soon as the form and the density distribution of the Galaxy are known with some certainty. For the present our knowledge of these points is somewhat hazy, the various theories given often contradicting one another, but there is no doubt that the energetic researches that are being made into these questions will soon result in a conception of the construction of the Galaxy at least in its main features which will be sufficiently definite to enable us to attack and solve the problem of the attraction of the Galaxy on the individual stars, as far as such a solution is at present needed.

The other side of the problem, however, *viz.* the influence of one individual star on another at more or less close passages is left untouched by this method. The stars of our stellar universe may be comparatively few in number, so that one star may be able to describe a whole circumference in the Galaxy without interfering notably with the others; but in the course of time, in billions or trillions of years, these passages of the stars are able not only totally to deflect the path of an individual star, but to bring order into the originally haphazard distribution of the coordinates and the velocities of the members of the stellar universe.

In dealing with these passages we must have recourse to the theory of probability. We are thus led to the same problem as is met with in the theory of the gases, which has resulted in the bold theories of CLAUSIUS and MAXWELL. Unfortunately the kinetic theory of the gases is not directly applicable to the motions of the stars. This theory supposes, indeed, — as far as quantitative results are concerned — either that the molecules behave as elastic balls (CLAUSIUS), or that they repel each other inversely as the fifth power of the distance (MAXWELL). Neither of these assumptions is valid for the stars, which we know attract each other inversely as the square of the distance. It is thus necessary to work out a kinetic theory (I prefer to use the term of GIBBS »statistical mechanics») based on the law of NEWTON. This is the object of this memoir.

For the objections that may be made against the application of statistical mechanics to the motions of the stars I refer to Meddel. N:o 81.

Such parts of the kinetic theory of the gases as are not dependent on the law of attraction are naturally applicable here also. I have, however, preferred to give a condensed exposition of these parts also, since in so doing I have had opportunity to elucidate some points in the current literature of the subject which to me at any rate, and possibly to other readers, have seemed obscure. I have given in Meddel. N:ris 69, 70 some introductory remarks of this kind; these remarks will be found further developed in the first two chapters of this memoir.

Where stars are concerned it is necessary to distinguish between real collisions and passages. Consequently I have devoted a chapter to the consideration of the collisions of the stars. It may be that such collisions perform some important function in the history of the molecules.

In the fourth chapter I consider the *H*-theorem.

The integration of the fundamental differential equation of BOLTZMANN is performed with the help of the frequency series of type A.

The development of the passagefunction, given in chapter VI, is not so easily worked out by NEWTON's law as it is by MAXWELLS. There are, however, no serious mathematical obstacles in the way.

In the last chapter I compute the time of relaxation for stars, which is found to amount to the considerable value of $\frac{1}{2}10^{16}$ years.

Applying the law of NEWTON to the kinetic theory of the gases, I find that such an application is only possible if we use for the molecules a constant of attraction 10^{22} times as great as that valid for the attraction of the heavenly bodies.

CHAPTER I.

The fundamental differential equation in statistical mechanics.

1. Let us consider a part of space limited by a parallelopipedon having the sides Δx , Δy and Δz . The centre of the parallelopipedon is supposed to have the coordinates x , y , z .

The sides Δx , Δy , Δz are supposed to be small, but not infinitely small*. The parallelopipedon must, indeed, be so great that a relatively large number of stars or molecules have place within it. Where stars are concerned, we know from Medd. 70 that the number of stars upon an average for the whole Galaxy may be estimated at 0.25 per cub-sirrometer, or at 250 stars per 1000 cub-sir. It is hence admissible to think of Δx , Δy , Δz as being of the magnitude 10 sir.

As to the gases we know that the number of molecules amounts to 30×10^{15} per cub-mm. We may then use values of Δx , Δy , Δz of the order 10^{-4} mm = 0.1 μ .

Within the space

$$\Delta\Omega = \Delta x \Delta y \Delta z$$

we suppose that there are stars having velocities in all possible directions. Let u , v , w be the components of velocity and consider the stars within the parallelopipedon

$$\Delta\epsilon = \Delta u \Delta v \Delta w$$

having the centre u , v , w . The stars within $\Delta\epsilon$ have then velocities between the limits $u \pm \frac{1}{2} \Delta u$, $v \pm \frac{1}{2} \Delta v$, $w \pm \frac{1}{2} \Delta w$.

Even the quantities Δu , Δv , Δw may not be taken as small as we please. In discussions regarding the stars we may assume, for instance, that these quantities are of the order 1 sir. per stellar year (1 sir./st.).

Let us now evaluate the number of stars situated within $\Delta\Omega$ as well as within $\Delta\epsilon$. This number is evidently, supposing the density approximately continuous, proportional to $\Delta\Omega \Delta\epsilon$ and may be expressed through

$$(1) \quad A = f \Delta\Omega \Delta\epsilon,$$

where f is a function of x , y , z and u , v , w as well as of the time t :

$$f = f(t; x, y, z; u, v, w).$$

* Compare BOREL: Introduction géométrique à quelques théories physiques.

The first problem in statistical mechanics is to deduce a differential equation for the function f .

The formula (1) gives the number of stars, which at the time t are situated within the dominion $\Delta\Omega \Delta\varepsilon = \Delta E$. The number of stars, which at the time $t + \Delta t$ are situated within the *same* dominion ΔE is then

$$\begin{aligned} A + \Delta A &= f(t + \Delta t; x, y, z; u, v, w) \Delta\Omega \Delta\varepsilon \\ &= \left(f(t; x, y, z; u, v, w) + \Delta t \frac{\partial f}{\partial t} \right) \Delta\Omega \Delta\varepsilon. \end{aligned}$$

Even Δt may not be chosen as small as we please. *How* small can not be determined until later.

The increase of stars within ΔE in the time Δt is thus:

$$(2) \quad \Delta A = \Delta t \frac{\partial f}{\partial t} \Delta\Omega \Delta\varepsilon.$$

There is, however, another method for calculating ΔA , namely through directly estimating the number of stars wandering out from ΔE or in this dominion.

The examination is made easier by a consideration of each one of the variables x, y, z, u, v, w separately. The number of stars which *simultaneously* pass the limits for two of the variables is, indeed, of the *second order* regarding Δt , which order as well as all higher ones may be neglected.

Let us first examine the outcome of *continuous* variations in x, y, z, u, v, w upon the increase in the number of stars within ΔE .

The six variables may be represented geometrically by six (straight) lines. Consider the x — line.

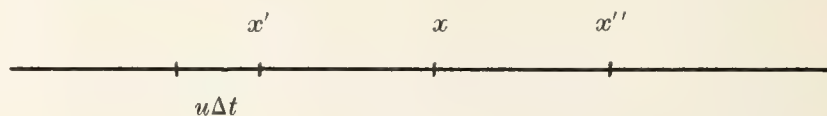


Fig. 1.

Denote the limits of x , within ΔE , by x' and x'' , so that

$$x' = x - \frac{1}{2} \Delta x, \quad x'' = x + \frac{1}{2} \Delta x$$

and

$$x = \frac{x' + x''}{2}.$$

The number of stars between these limits is according to (1)

$$\begin{aligned} A &= f(x) (x'' - x') \Delta y \Delta z \Delta\varepsilon \\ &= f\left(\frac{x' + x''}{2}\right) (x'' - x') \Delta y \Delta z \Delta\varepsilon. \end{aligned}$$

All stars having a value of x between x' and x'' are hence supposed to possess the same values of y, z, u, v, w , or, more strictly, values of these variables within ΔE .

The velocity component of these stars parallel to the X -axis is u .

Let 1) u be *positive*. Then all stars having an x -coordinate between

$$(i) \quad x' - u\Delta t \text{ and } x'$$

evidently do wander *in* the dominion ΔE from without, whereas all stars having x -coordinates between

$$(o) \quad x'' - u\Delta t \text{ and } x''$$

wander *out* in the time Δt .

The number of stars between the limits (i) is according to (1)

$$f(x' - \frac{1}{2} u\Delta t) u\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon$$

and the number of stars between the limits (o)

$$f(x'' - \frac{1}{2} u\Delta t) u\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon.$$

But

$$\begin{aligned} f(x' - \frac{1}{2} u\Delta t) &= f\left(\frac{x' + x''}{2} + \frac{x' - x''}{2} - \frac{1}{2} u\Delta t\right) \\ &= f\left(\frac{x' + x''}{2}\right) + \left(\frac{x' - x''}{2} - \frac{1}{2} u\Delta t\right) \frac{\partial f}{\partial x} \end{aligned}$$

and

$$f(x'' - \frac{1}{2} u\Delta t) = f\left(\frac{x' + x''}{2}\right) + \left(\frac{x'' - x'}{2} - \frac{1}{2} u\Delta t\right) \frac{\partial f}{\partial x}.$$

The difference between the number of stars wandering in and these wandering out, i. e. the increase in the number of stars, is thus

$$- (x'' - x') \frac{\partial f}{\partial x} u\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon.$$

Writing now Δx instead of $x'' - x'$, we get for the increase the value

$$- \Delta t u \frac{\partial f}{\partial x} \Delta E.$$

This result was obtained, supposing u to be positive. Were 2) u *negative* $= -u_1$, then we find, for the number of stars wandering *in*, the expression

$$f(x'' + \frac{1}{2} u_1\Delta t) u_1\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon,$$

and for the stars wandering *out*

$$f(x' + \frac{1}{2} u_1\Delta t) u_1\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon$$

and for the difference

$$\begin{aligned} &+ (x'' - x') u_1\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon \\ &= - (x'' - x') u\Delta t \Delta y \Delta z \Delta \varepsilon. \end{aligned}$$

Whether u is positive or negative we thus get for the increase in the number of stars

$$- \Delta t u \frac{\partial f}{\partial x} \Delta E.$$

Similar formulae are obtained for the increase in the number of stars between the limits $y \pm \frac{1}{2} \Delta y$ or $z \pm \frac{1}{2} \Delta z$. Hence the whole increase in the number of stars within the dominion $\Delta\Omega$ is found to be

$$- \Delta t \Delta E \left(u \frac{\partial f}{\partial x} + v \frac{\partial f}{\partial y} + w \frac{\partial f}{\partial z} \right)$$

which thus represents the increase within ΔE caused by *continuous* changes in x , y and z .

In like manner we get for the increase caused by *continuous* changes of u , v and w the expression

$$- \Delta t \Delta E \left(\dot{u} \frac{\partial f}{\partial u} + \dot{v} \frac{\partial f}{\partial v} + \dot{w} \frac{\partial f}{\partial w} \right),$$

where

$$\begin{aligned} \dot{u} &= \frac{du}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{1}{m} X, \\ \dot{v} &= \frac{dv}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{1}{m} Y, \\ \dot{w} &= \frac{dw}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{1}{m} Z, \end{aligned} \tag{3}$$

denoting the components of the acting forces by X , Y , Z .

2. These changes in the number of stars within the dominion ΔE are not the only ones occurring in the time Δt . If in this time two stars pass each other at a short distance, then the consequence will be that in the time Δt the *velocities* of these stars — but not their coordinates — will undergo rather great, i. e. *finite*, changes, whereas till now we have only considered continuous and *small* changes in u , v , w .

These discontinuous changes are of two essentially different kinds, which are not kept apart in the kinetic theory of the gases. On the one hand there are *passages* at a distance smaller than the mean distance B of the stars, on the other we have real *collisions*.

The number of passages, as well as the number of collisions, is proportional to $\Delta t \Delta E$ and so also is the corresponding *increase* in the number of stars within the dominion ΔE . We may therefore put the increase in the number of stars within ΔE caused by *passages*

$$= \Delta t \Delta E \nabla (f)$$

and those caused by *collisions*

$$= \Delta t \Delta E \square (f).$$

Taking all these additions together and identifying them with

$$\Delta t \Delta E \frac{\partial f}{\partial t}$$

we obtain at last, the common factor $\Delta t \Delta E$ being left out,

$$(4) \quad \frac{\partial f}{\partial t} + u \frac{\partial f}{\partial x} + v \frac{\partial f}{\partial y} + w \frac{\partial f}{\partial z} + X \frac{\partial f}{\partial u} + Y \frac{\partial f}{\partial v} + Z \frac{\partial f}{\partial w} = \nabla(f) + \square(f),$$

which is the fundamental equation in statistical mechanics. It may even more shortly be written in the form

$$(4^*) \quad \frac{df}{dt} = \nabla(f) + \square(f).$$

It remains to deduce the analytical expressions for $\nabla(f)$ and $\square(f)$.

CHAPTER II.

Passages.

3. A passage of two stars m_1 and m_2 takes place when the distance between them is a *minimum*. Here, however, we must take this term in a more restricted sense, denoting by passages only such approaches as take place at a distance *smaller than half the mean distance, B , of the stars*.

It is further not necessary to refer directly to the true perihel distance of the stars. The relative orbit of two stars being always a hyperbola, we use the distance b from the focus m_1 to the asymptote in the relative orbit and define passages as those approaches for which b is smaller than $\frac{1}{2} B$.

We now take into consideration only stars within the dominion $\Delta\Omega$. Among these stars different velocities are represented and we take out two groups, $\Delta\varepsilon_1$ and $\Delta\varepsilon_2$, having the following components of velocity:

$$\begin{aligned} & u_1 \pm \frac{1}{2} \Delta u_1 & u_2 \pm \frac{1}{2} \Delta u_2 \\ \Delta\varepsilon_1: & v_1 \pm \frac{1}{2} \Delta v_1 ; & \Delta\varepsilon_2: & v_2 \pm \frac{1}{2} \Delta v_2 \\ & w_1 \pm \frac{1}{2} \Delta w_1 & & w_2 \pm \frac{1}{2} \Delta w_2 \end{aligned}$$

Any star whatsoever within $\Delta\varepsilon_1$ we denote by m_1 and any star within $\Delta\varepsilon_2$ by m_2 .

All stars m_1 move in parallel straight lines in the time Δt through a distance $\omega_1 \Delta t$ and all stars m_2 in the same time through the distance $\omega_2 \Delta t$, where

$$\omega_1 = + \sqrt{u_1^2 + v_1^2 + w_1^2}, \quad \omega_2 = + \sqrt{u_2^2 + v_2^2 + w_2^2}.$$

The number of stars of the first kind — i. e. within $\Delta\varepsilon_1$ — is

$$f_1 \Delta\Omega \Delta\varepsilon_1$$

and the number of stars m_2 is

$$f_2 \Delta\Omega \Delta\varepsilon_2,$$

where

$$\begin{aligned} f_1 &= f(t; x, y, z; u_1, v_1, w_1), \\ f_2 &= f(t; x, y, z; u_2, v_2, w_2). \end{aligned}$$

A star m_1 , that passes a star m_2 (at a distance smaller than $\frac{1}{2} B$), suffers, on account of the attraction of m_2 , a sudden change in its velocity, which is no longer

situated within the dominion $\Delta\varepsilon_1$. We say that the star is *thrown out* from $\Delta\varepsilon_1$ (using the phrase »throw out» or »in» for passages, and »wander out» or »in» for continuous changes). If $\Delta\varepsilon_2$ varies in all possible ways we get the whole number of stars thrown out from $\Delta\varepsilon_1$.

On the other hand some stars, that had not previously velocities belonging to $\Delta\varepsilon_1$, acquire such velocities through the passages. They are *thrown in* into the dominion $\Delta\varepsilon_1$. The difference between these numbers gives the increase within $\Delta\varepsilon_1$.

4. Number of stars thrown out. All stars m_1 have components of velocity equal to u_1, v_1, w_1 and all stars m_2 have the components u_2, v_2, w_2 . Hence all these stars have the same *relative* velocity

$$\omega = \sqrt{(u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2 + (w_2 - w_1)^2}$$

and the same direction cosines for the relative velocity, namely

$$\frac{u_2 - u_1}{\omega}, \quad \frac{v_2 - v_1}{\omega}, \quad \frac{w_2 - w_1}{\omega}.$$

We now define a cylinder in the following way:

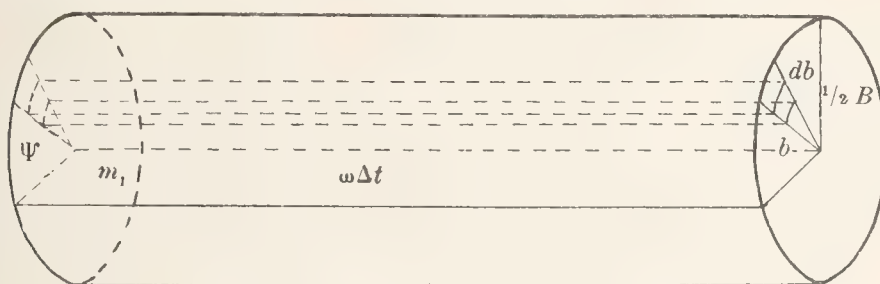


Fig. 2.

1) The axis of the cylinder passes through m_1 and has the same direction as the relative velocity and the length $= \omega \Delta t$;

2) The limiting surface is obtained through turning around the axis a straight line parallel to ω at the distance $\frac{1}{2} B$;

3) The cylinder is limited perpendicularly to the axis by two planes laid through m_1 and the other extremity of the axis.

The dominion limited by this cylinder we describe as the dominion C .

All stars m_2 within C are in the time Δt passed by m_1 at a distance smaller than $\frac{1}{2} B$. The number of passages described by m_1 in the time Δt is hence equal to the number of stars within C .

Let us compute this number.

We determine an elementary volume within C in the following manner:

We cut out from C two circular cylinders having the axis $\omega \Delta t$ and the radii b and $b + \Delta b$. Further we take two planes including the axis $\omega \Delta t$, which planes with an arbitrary direction, as shown in the figure, have the angles ψ and $\psi + \Delta\psi$.

We thus get an element of space having the volume:

$$\Delta\Omega_2 = \omega \Delta t \times b \Delta\psi \times \Delta b = \omega \Delta t b \Delta b \Delta\psi.$$

How great is the number of stars within this volume? Or, more fully expressed, how many stars with velocities within $\Delta\varepsilon_2$ have coordinates within $\Delta\Omega_2$?

According to our general formula (1) this number is

$$f_2 \Delta\Omega_2 \Delta\varepsilon_2 = f_2 \omega \Delta t b \Delta b \Delta\phi \Delta\varepsilon_2.$$

Integrating this expression, for all values of ϕ between 0 and 2π , for values of b between d and $\frac{1}{2}B$ — where d denotes the smallest distance at which passages take place — and further over all values of u_2, v_2, w_2 we get the total number of passages described by m_1 in the time Δt

$$= \int f_2 \omega \Delta t b \Delta b \Delta\phi \Delta\varepsilon_2.$$

Multiplying by the number of stars m_1 , namely

$$f_1 \Delta\Omega \Delta\varepsilon_1$$

we get the number of passages described by all the stars within $\Delta\varepsilon_1$, viz

$$(5) \quad f_1 \Delta\Omega \Delta\varepsilon_1 \int f_2 \omega \Delta t b \Delta b \Delta\phi \Delta\varepsilon_2.$$

At each passage a star is thrown out from $\Delta\varepsilon_1$ *. Hence the expression (5) gives also the desired number of stars thrown out from $\Delta\varepsilon_1$.

Regarding d it may be observed that it represents the smallest distance at which passages take place. If the distance is smaller than d , we have to do with *collisions*. It follows that d is approximately equal to the *diameter* of the stars (somewhat greater when the tidal forces are taken into account).

The number (5) of stars thrown out may more conveniently be written in the form

$$(5^*) \quad \Delta\Omega \Delta\varepsilon_1 \Delta t \int \Delta\varepsilon_2 d\phi db b \omega f_1 f_2.$$

It may be observed that the integrations in regard to ϕ and b may be directly performed, so that the expression (5*) may also be written:

$$2\pi \left(\frac{1}{8} B^2 - \frac{d^2}{2} \right) \Delta\Omega \Delta\varepsilon_1 \Delta t \int \Delta\varepsilon_2 \omega f_1 f_2.$$

This expression could, indeed, have been directly deduced without introducing the auxiliary variables b and ϕ . They are used here only because they aid us in the discussion of the inverse problem.

5. Number of stars thrown in. Consider within $\Delta\Omega$ two groups of stars having velocities within the elementary dominions $\Delta\varepsilon_1''$ and $\Delta\varepsilon_2''$ respectively. If a star of the former group passes a star of the later group at a distance $b'' < \frac{1}{2}B$, in an arbitrary azimuth ϕ'' , it is thrown out from $\Delta\varepsilon_1''$. The whole number in this manner thrown out from $\Delta\varepsilon_1''$ (i. e. thrown out on account of passages of stars belonging to $\Delta\varepsilon_2''$) is, according to (5*)

* It follows that one and the same star may be thrown out many times from $\Delta\varepsilon_1$ without being »thrown in» in the intervals. This inconsequence is compensated by reckoning the number of stars »thrown in» in the same manner.

$$(6) \quad \Delta\Omega \Delta\varepsilon_1'' \Delta t \int \Delta\varepsilon_2'' d\psi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2'',$$

where

$$(6^*) \quad \begin{aligned} f_1'' &= f(t; x, y, z; u_1'', v_1'', w_1'') \\ f_2'' &= f(t; x, y, z; u_2'', v_2'', w_2''). \end{aligned}$$

In the integral (6) we have $\Delta\varepsilon_2'' = du_2'' dv_2'' dw_2''$, where the velocity components u_2'', v_2'', w_2'' accept all possible values, if namely the whole number of stars thrown out from $\Delta\varepsilon_1''$ is to be calculated.

On similar conditions stars are thrown out from $\Delta\varepsilon_2''$ and the corresponding number is

$$\Delta\Omega \Delta\varepsilon_2'' \Delta t \int \Delta\varepsilon_1'' d\psi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2''.$$

Integrating either of these expression we get

$$(7) \quad \Delta\Omega \Delta t \int \Delta\varepsilon_1'' \Delta\varepsilon_2'' d\psi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2'',$$

which expression hence gives the whole number of stars thrown out in the time Δt^* . Of these stars a part is thrown in into the dominion $\Delta\varepsilon_1$, thus increasing the number of stars in the elementary dominion

$$\Delta\Omega \Delta\varepsilon_1.$$

To obtain the analytical expression for this number, we have to integrate (7) no longer over *all* values of u_1'', v_1'', w_1'' and u_2'', v_2'', w_2'' but *only over such values of the velocity components as after the passage give rise to a star situated within $\Delta\varepsilon_1$* . The number of stars *thrown in* is thus

$$= \Delta\Omega \Delta t \int_{\Delta\varepsilon_1} \Delta\varepsilon_1'' \Delta\varepsilon_2'' d\psi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2'',$$

where the integral is to be taken over all values of the variables u_1'', v_1'', w_1'' and u_2'', v_2'', w_2'' such that the velocities *after* the passage are situated within $\Delta\varepsilon_1$.

6. We now obtain for the increase in the number of stars through passages the expression

$$(8) \quad \begin{aligned} (\text{in}) - (\text{out}) &= \Delta\Omega \Delta t \int_{\Delta\varepsilon_1} \Delta\varepsilon_1'' \Delta\varepsilon_2'' d\psi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2'' \\ &\quad - \Delta\Omega \Delta t \int \Delta\varepsilon_1 \Delta\varepsilon_2 d\psi db b \omega f_1 f_2. \end{aligned}$$

The expression (8) has not yet a form suitable for actual calculations. It may, however, be reduced to a much simpler form, as will be shown below. I give here the final expression, which is

$$(8^*) \quad (\text{in}) - (\text{out}) = \Delta\Omega \Delta t \Delta\varepsilon_1 \int (f_1'' f_2'' - f_1 f_2) \Delta\varepsilon_2 d\psi db b \omega$$

where the integration is to be performed over

* The number of *passages* is only half as great at (7), two stars being ›thrown out‹ at each passage.

$$\begin{array}{ll}
\text{all values of } b & \text{between } d \text{ and } \frac{1}{2} B, \\
\gg & \gg \psi \gg 0 \gg 2\pi \\
\gg & \gg u_2, v_2, w_2 \gg -\infty \gg +\infty.
\end{array}$$

In order to obtain this result we have to study the changes in the velocities of two stars at a passage.

7. Relations between the velocities of two masses before and after a passage. I have begun the treatment of this question in Medd. N:o 69. I refer here to the result of this investigation.

Let

$$m_1; u_1, v_1, w_1,$$

$$m_2; u_2, v_2, w_2$$

be the masses and the components of the *absolute* velocities of the bodies m_1 and m_2 *before* the passage and let

$$u_1', v_1', w_1',$$

$$u_2', v_2', w_2'$$

be the absolute velocities of the same bodies *after* the passage.

Further we denote by u, v, w and u', v', w' the *relative* velocities before and after the passage, putting

$$u = u_2 - u_1, \quad u' = u_2' - u_1',$$

$$v = v_2 - v_1, \quad v' = v_2' - v_1',$$

$$w = w_2 - w_1, \quad w' = w_2' - w_1'.$$

Denoting further by l, m, n the direction cosines of the line of symmetry (perihel line) in the relative orbit, then we have

$$\begin{aligned}
(9) \quad u_1' &= u_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} l (ul + vm + wn), \\
v_1' &= v_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} m (ul + vm + wn), \\
w_1' &= w_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} n (ul + vm + wn); \\
(9^*) \quad u_2' &= u_2 - \frac{2m_1}{m_1 + m_2} l (ul + vm + wn), \\
v_2' &= v_2 - \frac{2m_1}{m_1 + m_2} m (ul + vm + wn), \\
w_2' &= w_2 - \frac{2m_1}{m_1 + m_2} n (ul + vm + wn).
\end{aligned}$$

If 2ϑ is the angle between the asymptotes in the relative orbit, we further have

$$(10) \quad \omega \cos \vartheta = - (ul + vm + wn).$$

8. Instead of l, m, n we now have to introduce the variables b and ϑ used in the preceding paragraphs.

We first deduce a relation between b and ϑ . We observe that b is equal to the perpendicular from the focus of the hyperbola against the asymptote and that this perpendicular is equal to the *transverse* axis of the hyperbola (which axis is also generally denoted by the letter b). Consequently we have

$$(11) \quad \operatorname{tg} \vartheta = b/a,$$

where a = half the great axis of the hyperbola.

The energy integral in the problem of two bodies affords the relation

$$\omega^2 = \frac{2k^2(m_1 + m_2)}{r} + h,$$

where

$$h = \frac{\mu}{a} = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{a},$$

so that

$$\omega^2 = k^2(m_1 + m_2) \left(\frac{2}{r} + \frac{1}{a} \right).$$

At infinite distance between the bodies we get

$$\omega^2 = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{a}$$

or

$$a = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{\omega^2}$$

which value, substituted in (11), gives

$$(12) \quad \operatorname{tg} \vartheta = \frac{b\omega^2}{k^2(m_1 + m_2)}$$

which is the required relation between b and ϑ .

We have to deduce the relations between ϑ, ϕ and the quantities l, m, n .

The direction cosines of the line of symmetry in the relative orbit referred to an arbitrary system of coordinates X, Y, Z are, according to our assumptions,

$$l, m, n.$$

The origin of this system of coordinates may be assumed to coincide with the centre of the hyperbola.

Referred to another system of coordinates Ξ, H, Z , of which the Z -axis coincides with the asymptote before the passage, the direction cosines may have the values

$$\xi, \eta, \zeta.$$

Then we evidently have

$$(13) \quad \begin{aligned} \xi &= \sin \vartheta \cos \phi, \\ \eta &= \sin \vartheta \sin \phi, \\ \zeta &= \cos \vartheta, \end{aligned}$$

where the »azimut» ϕ is reckoned from the Ξ -axis.

9. To determine the relations between l, m, n and ξ, η, ζ is hence equivalent to determining the relations between the right angular spherical coordinates of a point according to two different systems of coordinates.

We have generally

$$(14) \quad \begin{aligned} \xi &= l \cos X\Xi + m \cos Y\Xi + n \cos Z\Xi, \\ \eta &= l \cos XH + m \cos YH + n \cos ZH, \\ \zeta &= l \cos XZ + m \cos YZ + n \cos ZZ. \end{aligned}$$

The coefficients of l, m, n in the right members may be expressed through the EULERIAN angles β, N, N' (compare fig. 3). We get

$$(15) \quad \begin{aligned} \cos X\Xi &= \cos N \cos N' + \sin N \sin N' \cos \beta \\ \cos Y\Xi &= \sin N \cos N' - \cos N \sin N' \cos \beta \\ \cos Z\Xi &= \sin N' \sin \beta \\ \cos XH &= \cos N \sin N' - \sin N \cos N' \cos \beta \\ \cos YH &= \sin N \sin N' + \cos N \cos N' \cos \beta \\ \cos ZH &= -\cos N' \sin \beta \\ \cos XZ &= -\sin N \sin \beta \\ \cos YZ &= \cos N \sin \beta \\ \cos ZZ &= \cos \beta. \end{aligned}$$

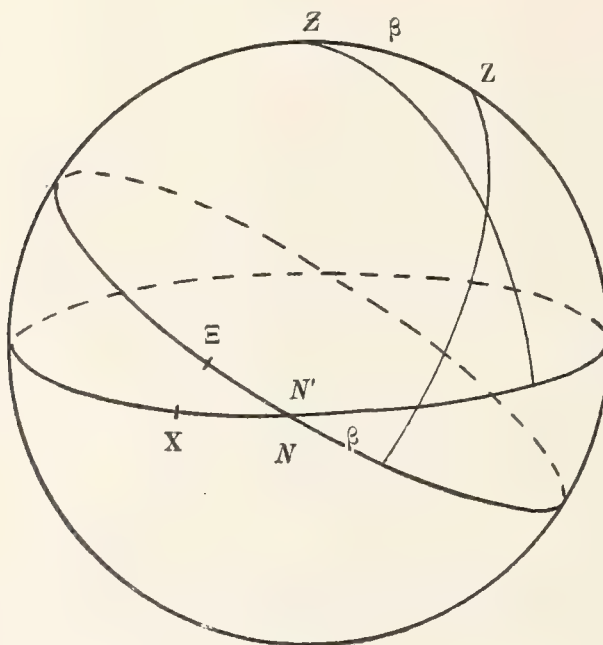


Fig. 3.

The orientation of the X -axis, from which ϕ is reckoned, may be chosen arbitrarily. For simplifying the formulae we put $N' = 0$, so that the Ξ -axis coincides with the descendant node of the ΞH -plane on the XY -plane. We further put

$$N + 90^\circ = \alpha,$$

so that β and α design the polarcoordinates of the Z-axis (the asymptote). The rightangular sphaerical coordinates of the same line have in Medd. N:o 70 been denoted by λ , μ , ν , so that

$$\begin{aligned}\lambda &= \sin \beta \cos \alpha, \\ \mu &= \sin \beta \sin \alpha, \\ \nu &= \cos \beta.\end{aligned}$$

Introducing the values $N' = 0$, $N = \alpha - 90^\circ$ into the direction cosines (15) we get

$$\begin{aligned}(16) \quad \cos X\Xi &= \sin \alpha \\ \cos Y\Xi &= -\cos \alpha \\ \cos Z\Xi &= 0 \\ \hline \cos XH &= \cos \beta \cos \alpha \\ \cos YH &= \cos \beta \sin \alpha \\ \cos ZH &= -\sin \beta \\ \hline \cos XZ &= \sin \beta \cos \alpha = \lambda \\ \cos YZ &= \sin \beta \sin \alpha = \mu \\ \cos ZZ &= \cos \beta = \nu\end{aligned}$$

The inversion of (14) gives

$$\begin{aligned}(16^*) \quad l &= \xi \cos X\Xi + \eta \cos XH + \zeta \cos XZ \\ m &= \xi \cos Y\Xi + \eta \cos YH + \zeta \cos YZ \\ n &= \xi \cos Z\Xi + \eta \cos ZH + \zeta \cos ZZ.\end{aligned}$$

The nine direction cosines in these formulae — and hence also α and β — may be expressed through the relative velocities before (or after) the passage. We have indeed, according to Meddel. 70,

$$\begin{aligned}(17) \quad u &= -\lambda\omega = -\omega \sin \beta \cos \alpha, \\ v &= -\mu\omega = -\omega \sin \beta \sin \alpha, \\ w &= -\nu\omega = -\omega \cos \beta,\end{aligned}$$

so that

$$\begin{aligned}\cos \beta &= -w/\omega, \\ \sin \beta &= \sqrt{u^2 + v^2}/\omega, \\ \cos \alpha &= -u/\sqrt{u^2 + v^2}, \\ \sin \alpha &= -v/\sqrt{u^2 + v^2}.\end{aligned}$$

Consequently we get

$$\begin{aligned}\omega l &= -\xi \frac{\omega v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \eta \frac{uw}{\sqrt{u^2 + v^2}} - \zeta u, \\ \omega m &= \xi \frac{\omega u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \eta \frac{vw}{\sqrt{u^2 + v^2}} - \zeta v, \\ \omega n &= -\eta \sqrt{u^2 + v^2} - \zeta w.\end{aligned}$$

10. Substituting these formulae in (9), we now finally get:

$$\begin{aligned}
 (18) \quad u_1' &= u_1 - \frac{2m_2 \zeta}{m_1 + m_2} \left(-\xi \frac{\omega v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \eta \frac{uw}{\sqrt{u^2 + v^2}} - \zeta u \right), \\
 v_1' &= v_1 - \frac{2m_2 \zeta}{m_1 + m_2} \left(\xi \frac{\omega u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \eta \frac{vw}{\sqrt{u^2 + v^2}} - \zeta v \right), \\
 w_1' &= w_1 - \frac{2m_2 \zeta}{m_1 + m_2} \left(-\eta \sqrt{u^2 + v^2} - \zeta w \right)
 \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned}
 (18^*) \quad u_2' &= u_2 + \frac{2m_1 \zeta}{m_1 + m_2} \left(-\xi \frac{\omega v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \eta \frac{uw}{\sqrt{u^2 + v^2}} - \zeta u \right), \\
 v_2' &= v_2 + \frac{2m_1 \zeta}{m_1 + m_2} \left(\xi \frac{\omega u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \eta \frac{vw}{\sqrt{u^2 + v^2}} - \zeta v \right), \\
 w_2' &= w_2 + \frac{2m_1 \zeta}{m_1 + m_2} \left(-\eta \sqrt{u^2 + v^2} - \zeta w \right).
 \end{aligned}$$

Observing that

$$\begin{aligned}
 \xi &= \sin \vartheta \cos \phi \\
 \eta &= \sin \vartheta \sin \phi \\
 \zeta &= \cos \vartheta
 \end{aligned}$$

we find that through the formulae (18) and (18*) the velocities of the stars after a passage are *explicitly* expressed as functions of the velocities (at infinite distance) before the passage and the parameters ξ , η , ζ or, alternatively, ϑ and ϕ .

The parameters ξ , η , ζ appear in the second degree. The angles ϑ and ϕ occur only in the following combinations

$$\begin{aligned}
 &\cos \vartheta \sin \vartheta \cos \phi, \\
 &\cos \vartheta \sin \vartheta \sin \phi, \\
 &\cos \vartheta \cos \vartheta.
 \end{aligned}$$

If u_1' , u_2' etc. are considered as functions of the velocities u_1 , u_2 etc. before the passage, the relations are more complicated. In the formulae (9), where l , m , n were parameter, we got the velocities after the passage as *linear* functions of the velocities before the passage. These simple relations subsist no longer. We observe, however, that the right members of (18) and (18*) are everywhere of the dimension $+1$ in u_1 , u_2 etc. as is, indeed, necessary. We shall find, moreover, in the applications that we have to make of these formulae, that they will possess the same properties as linear relations. The reason is that the functions of u_1' , u_2' etc., which are to be considered, are to be integrated over all values of ϕ between $\phi = 0$ and $\phi = 2\pi$, whereby the denominators and the square roots vanish. We observe that if the polarcoordinates (17) are introduced all square roots and (denominators) do vanish. We get, indeed,

$$\begin{aligned}
 (19) \quad u_1' &= u_1 + \frac{2m_2 \zeta \omega}{m_1 + m_2} (-\xi \sin \alpha + \eta \cos \beta \cos \alpha - \zeta \sin \beta \cos \alpha), \\
 v_1' &= v_1 + \frac{2m_2 \zeta \omega}{m_1 + m_2} (\xi \cos \alpha + \eta \cos \beta \sin \alpha - \zeta \sin \beta \sin \alpha), \\
 w_1' &= w_1 + \frac{2m_2 \zeta \omega}{m_1 + m_2} (-\eta \sin \beta - \zeta \cos \beta);
 \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned}
 (19^*) \quad u_2' &= u_2 - \frac{2m_1 \zeta \omega}{m_1 + m_2} (-\xi \sin \alpha + \eta \cos \beta \cos \alpha - \zeta \sin \beta \cos \alpha), \\
 v_2' &= v_2 - \frac{2m_1 \zeta \omega}{m_1 + m_2} (\xi \cos \alpha + \eta \cos \beta \sin \alpha - \zeta \sin \beta \sin \alpha), \\
 w_2' &= w_2 - \frac{2m_1 \zeta \omega}{m_1 + m_2} (-\eta \sin \beta - \zeta \cos \beta).
 \end{aligned}$$

11. The integral invariant in statistical mechanics.

Let F be any function of b, ψ and of the velocities $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$ before the passage, and consider the integral

$$(20) \quad S = \int F db d\psi du_1 dv_1 dw_1 du_2 dv_2 dw_2$$

taken over a certain dominion of the variables.

If in this integral the variables b, ψ, u_1, u_2 etc. are exchanged for the variables b', ψ', u_1', u_2' etc. after the passage, we get

$$(21) \quad S = \int I \cdot F db' d\psi' du_1' dv_1' dw_1' du_2' dv_2' dw_2'$$

where the integration is to be performed over a dominion of the new variables corresponding to the dominion of the old variables in the integral (20). Here I is the so called *Iacobiana*, or the determinant of substitution, which more fully may be denoted:

$$(22) \quad I = I \left(\begin{matrix} b, \psi; u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \\ b', \psi'; u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \end{matrix} \right)$$

In the kinetic theory of the gases it is shown that this determinant has the value 1. Using a terminology introduced by POINCARÉ, we may express the same fact by the statement that the integral

$$\int db d\psi du_1 dv_1 dw_1 du_2 dv_2 dw_2$$

is an *integral invariant* at the passage.

The demonstration of this important theorem is however generally incomplete and, especially in the fundamental treatise of BOLTZMANN («Vorlesungen über Gas-theorie»), erroneous. In the following I give a direct and elementary proof of the theorem.

12. The transition from the »old» to the »new» coordinates can be suitably performed in 5 steps, when instead of l, m, n polarcoordinates are introduced by the formulae

$$(23) \quad \begin{aligned} l &= \sin B \cos A, \\ m &= \sin B \sin A, \\ n &= \cos B. \end{aligned}$$

These 5 steps are the following:

1. b is exchanged for ϑ ;
2. ϑ and ϕ are exchanged for B and A ;
3. $B, A, u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$ are exchanged for $B, A, u'_1, v'_1, w'_1; u'_2, v'_2, w'_2$;
4. B, A are exchanged for ϑ', ϕ' ;
5. ϑ' is exchanged for b' .

The determinant I is thus split up into 5 factors according to the scheme

$$(24) \quad I = I\left(\begin{smallmatrix} b \\ \vartheta \end{smallmatrix}\right) \times I\left(\begin{smallmatrix} \vartheta, \phi \\ B, A \end{smallmatrix}\right) \times I\left(\begin{smallmatrix} u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \\ u'_1, v'_1, w'_1; u'_2, v'_2, w'_2 \end{smallmatrix}\right) \times I\left(\begin{smallmatrix} B, A \\ \vartheta', \phi' \end{smallmatrix}\right) \times I\left(\begin{smallmatrix} \vartheta' \\ b' \end{smallmatrix}\right).$$

Consider in order each one of these transformations.

I first call attention to the well known theorem

$$(25) \quad I\left(\begin{smallmatrix} x_1, x_2, \dots, x_n \\ \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n \end{smallmatrix}\right) = 1 : I\left(\begin{smallmatrix} \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n \\ x_1, x_2, \dots, x_n \end{smallmatrix}\right)$$

which is immediately found through performing first the direct transformation and then the inverse one.

$$\mathbf{13.} \quad I\left(\begin{smallmatrix} b \\ \vartheta \end{smallmatrix}\right).$$

According to the formula (12) we have

$$b = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{\omega^2} \operatorname{tg} \vartheta$$

and hence

$$I\left(\begin{smallmatrix} b \\ \vartheta \end{smallmatrix}\right) = \frac{\partial b}{\partial \vartheta} = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{\omega^2} \frac{1}{\cos^2 \vartheta} = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{\omega^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \vartheta),$$

or

$$I\left(\begin{smallmatrix} b \\ \vartheta \end{smallmatrix}\right) = \frac{k^4(m_1 + m_2)^2 + b^2 \omega^4}{k^2(m_1 + m_2) \omega^2}.$$

$$\mathbf{14.} \quad I\left(\begin{smallmatrix} \vartheta, \phi \\ B, A \end{smallmatrix}\right).$$

We have

$$I\left(\begin{smallmatrix} \vartheta, \phi \\ B, A \end{smallmatrix}\right) = 1 : I\left(\begin{smallmatrix} B, A \\ \vartheta, \phi \end{smallmatrix}\right)$$

where

$$(26) \quad I \begin{pmatrix} B, A \\ \vartheta, \psi \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\partial B}{\partial \vartheta} & \frac{\partial B}{\partial \psi} \\ \frac{\partial A}{\partial \vartheta} & \frac{\partial A}{\partial \psi} \end{vmatrix}.$$

These four differential coefficients may be directly computed from the formulae of § 9, through the computation is somewhat circumstantial.

According to (14) we have

$$(27) \quad \begin{aligned} \sin B \cos A &= l = \alpha_1 \xi + \alpha_2 \eta + \alpha_3 \zeta, \\ \sin B \sin A &= m = \beta_1 \xi + \beta_2 \eta + \beta_3 \zeta, \\ \cos B &= n = \gamma_1 \xi + \gamma_2 \eta + \gamma_3 \zeta, \end{aligned}$$

where $\alpha_1 = \cos X\Xi$ etc., which direction cosines are expressed through β and α in the formulae (16).

From (27) we get

$$(28) \quad \begin{aligned} \operatorname{tg} A &= \frac{\beta_1 \xi + \beta_2 \eta + \beta_3 \zeta}{\alpha_1 \xi + \alpha_2 \eta + \alpha_3 \zeta}, \\ \cos B &= \gamma_1 \xi + \gamma_2 \eta + \gamma_3 \zeta. \end{aligned}$$

As

$$\begin{aligned} \xi &= \sin \vartheta \cos \psi \\ \eta &= \sin \vartheta \sin \psi \\ \zeta &= \cos \vartheta \end{aligned}$$

we find that the formulae (28) give us A and B directly as functions of ϑ and ψ . We are hence able, it may be with some trouble, to form the differential coefficients occurring in (26).

We first obtain

$$\begin{aligned} -\sin B \frac{\partial B}{\partial \vartheta} &= \gamma_1 \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} + \gamma_2 \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} + \gamma_3 \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} \\ &= \gamma_1 \cos \vartheta \cos \psi + \gamma_2 \cos \vartheta \sin \psi - \gamma_3 \sin \vartheta, \end{aligned}$$

or, because

$$\gamma_1 = \cos Z\Xi = 0,$$

$$-\sin B \frac{\partial B}{\partial \vartheta} = \gamma_2 \cos \vartheta \sin \psi - \gamma_3 \sin \vartheta.$$

Further

$$-\sin B \frac{\partial B}{\partial \psi} = \gamma_2 \frac{\partial \eta}{\partial \psi} = \gamma_2 \sin \vartheta \cos \psi,$$

or

$$-\sin B \frac{\partial B}{\partial \psi} = \gamma_2 \xi.$$

For the differential coefficients of A we get

$$\begin{aligned} \frac{N^2}{\cos^2 A} \frac{\partial A}{\partial \vartheta} &= (\beta_1 \alpha_2 - \beta_2 \alpha_1) \left(\eta \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} - \xi \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} \right) \\ &+ (\beta_2 \alpha_3 - \beta_3 \alpha_2) \left(\zeta \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} - \eta \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} \right) \\ &+ (\beta_3 \alpha_1 - \beta_1 \alpha_3) \left(\xi \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} - \zeta \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} \right), \end{aligned}$$

where

$$N = \alpha_1 \xi + \alpha_2 \eta + \alpha_3 \zeta = \sin B \cos A.$$

But we have

$$\begin{aligned} \beta_1 \alpha_2 - \beta_2 \alpha_1 &= -\gamma_3 \\ \beta_2 \alpha_3 - \beta_3 \alpha_2 &= -\gamma_1 = 0 \\ \beta_3 \alpha_1 - \beta_1 \alpha_3 &= -\gamma_2, \end{aligned}$$

so that

$$\begin{aligned} \frac{N^2}{\cos^2 A} \frac{\partial A}{\partial \vartheta} &= \gamma_1 \left(\eta \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} - \zeta \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} \right) \\ &+ \gamma_2 \left(\zeta \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} - \xi \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} \right) \\ &+ \gamma_3 \left(\xi \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} - \eta \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} \right) \end{aligned}$$

and in like manner:

$$\begin{aligned} \frac{N^2}{\cos^2 A} \frac{\partial A}{\partial \phi} &= \gamma_1 \left(\eta \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} - \zeta \frac{\partial \eta}{\partial \phi} \right) \\ &+ \gamma_2 \left(\zeta \frac{\partial \xi}{\partial \phi} - \xi \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} \right) \\ &+ \gamma_3 \left(\xi \frac{\partial \eta}{\partial \phi} - \eta \frac{\partial \xi}{\partial \phi} \right). \end{aligned}$$

A direct computation gives

$$\begin{aligned} \eta \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} - \zeta \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} &= -\sin \phi, \\ \zeta \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} - \xi \frac{\partial \zeta}{\partial \vartheta} &= \cos \phi, \\ \xi \frac{\partial \eta}{\partial \vartheta} - \eta \frac{\partial \xi}{\partial \vartheta} &= 0, \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned} \eta \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} - \zeta \frac{\partial \eta}{\partial \phi} &= -\xi \zeta \\ \zeta \frac{\partial \xi}{\partial \phi} - \xi \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} &= -\eta \zeta \\ \xi \frac{\partial \eta}{\partial \phi} - \eta \frac{\partial \xi}{\partial \phi} &= \xi^2 + \eta^2 = \sin^2 \vartheta = 1 - \zeta^2. \end{aligned}$$

As further

$$\frac{N^2}{\cos^2 A} = \sin^2 B,$$

so

$$\frac{\partial A}{\partial \vartheta} = \frac{\gamma_2 \cos \phi}{\sin^2 B} = \frac{\gamma_2 \xi}{\sin^2 B \sin \vartheta},$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial \phi} &= \frac{-\gamma_2 \eta \zeta + \gamma_3 (1 - \zeta^2)}{\sin^2 B} \\ &= \frac{\gamma_3 - \zeta (\gamma_2 \eta + \gamma_3 \zeta)}{\sin^2 B}. \end{aligned}$$

But

$$\begin{aligned} \gamma_2 \eta + \gamma_3 \zeta &= -\sin \beta \sin \vartheta \sin \phi + \cos \beta \cos \vartheta \\ &= \cos B \end{aligned}$$

as is found from fig. 3. The spherical triangle between the Z -axis, the asymptote (= Z -axis) and the line of symmetry (l, m, n), has indeed the elements shown in the accompanying figure 4.

We thus have

$$\frac{\partial A}{\partial \phi} = \frac{\gamma_3 - \zeta \cos B}{\sin^2 B}.$$

We had found before

$$\frac{\partial B}{\partial \vartheta} = -\frac{\gamma_2 \cos \vartheta \sin \phi - \gamma_3 \sin \vartheta}{\sin B},$$

or, multiplying nominator and denominator by $\sin \vartheta$,

$$\begin{aligned} \frac{\partial B}{\partial \vartheta} &= -\frac{\gamma_2 \sin \vartheta \cos \vartheta \sin \phi - \gamma_3 (1 - \cos^2 \vartheta)}{\sin B \sin \vartheta} \\ &= -\frac{\cos \vartheta (\cos \beta \cos \vartheta - \sin \beta \sin \vartheta \sin \phi) - \gamma_3}{\sin B \sin \vartheta} \\ &= \frac{\gamma_3 - \zeta \cos B}{\sin B \sin \vartheta}. \end{aligned}$$

Our values of the differentialcoefficients are now

$$\frac{\partial B}{\partial \vartheta} = \frac{\gamma_3 - \zeta \cos B}{\sin B \sin \vartheta},$$

$$\frac{\partial B}{\partial \phi} = -\frac{\gamma_2 \xi}{\sin B},$$

$$\frac{\partial A}{\partial \vartheta} = \frac{\gamma_2 \xi}{\sin^2 B \sin \vartheta},$$

$$\frac{\partial A}{\partial \phi} = \frac{\gamma_3 - \zeta \cos B}{\sin^2 B}.$$

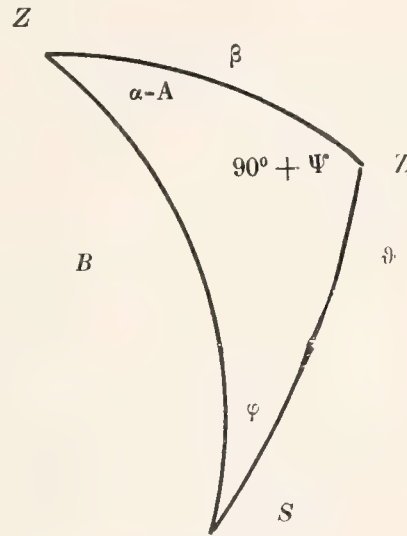


Fig. 4.

Hence we get

$$I\left(\begin{matrix} B, A \\ \vartheta, \phi \end{matrix}\right) = \frac{\gamma_2^2 \xi^2 + (\gamma_3 - \zeta \cos B)^2}{\sin^3 B \sin \vartheta},$$

or if γ_2, γ_3, ξ and ζ are expressed in polarcoordinates:

$$I\left(\begin{matrix} B, A \\ \vartheta, \phi \end{matrix}\right) = \frac{\sin^2 \beta \sin^2 \vartheta \cos^2 \phi + (\cos \beta - \cos \vartheta \cos B)^2}{\sin^3 B \sin \vartheta}.$$

This expression is, however, simplified with the help of the sphaerical triangle fig. 4. Denoting the angle S (= Line of symmetry) by φ , we get

$$\begin{aligned} \sin \beta \cos \phi &= \sin B \sin \varphi \\ \cos \beta &= \cos B \cos \vartheta + \sin B \sin \vartheta \cos \varphi \end{aligned}$$

so that

$$(30) \quad I\left(\begin{matrix} B, A \\ \vartheta, \phi \end{matrix}\right) = \frac{\sin \vartheta}{\sin B}.$$

$$15. \quad I\left(\begin{matrix} u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \\ u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \end{matrix}\right).$$

We observe that B and A (as well as l, m, n), which determine the position of the line of symmetry, are invariant parameters in this substitution.

The value of this determinant may be found rather directly in the following manner.

We have

$$I\left(\begin{matrix} u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \\ u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \end{matrix}\right) = 1 : I\left(\begin{matrix} u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \\ u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \end{matrix}\right).$$

It is, however, shown in Medd. 69 that, if $u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2'$ denote the velocities *before* the passage, then the velocities after the passage have the values $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$. Analytically expressed we have

$$u_1' = u_1 + \frac{2m_2 l}{m_1 + m_2} (\overline{u_2 - u_1} l + \overline{v_2 - v_1} m + \overline{w_2 - w_1} n),$$

$$u_2' = u_2 - \frac{2m_1 l}{m_1 + m_2} (\overline{u_2 - u_1} l + \overline{v_2 - v_1} m + \overline{w_2 - w_1} n),$$

and inversely

$$u_1 = u_1' + \frac{2m_2 l}{m_1 + m_2} (\overline{u_2' - u_1'} l + \overline{v_2' - v_1'} m + \overline{w_2' - w_1'} n),$$

$$u_2 = u_2' - \frac{2m_1 l}{m_1 + m_2} (\overline{u_2' - u_1'} l + \overline{v_2' - v_1'} m + \overline{w_2' - w_1'} n)$$

which expressions directly show, that

$$I\left(\begin{matrix} u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \\ u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \end{matrix}\right) = I\left(\begin{matrix} u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \\ u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \end{matrix}\right).$$

Consequently we have

$$I^2 = +1$$

and

$$I = \pm 1.$$

Whether I has the value $+1$ or -1 is for us indifferent, as only the absolute value of the determinant is of interest. We find, by the way, (through making the Z -axis coincide with the symmetry-line, so that $l = 0 = m$ and $n = 1$) that $I = -1$.

16. The remaining determinants are now easy to compute. We get

$$I(B', A') = \frac{\sin \vartheta'}{\sin B'},$$

$$I(\vartheta') = \frac{k^2(m_1 + m_2)\omega'^2}{k^4(m_1 + m_2)^2 + b'^2\omega'^4}.$$

Substituting these values in (24) we get

$$(31) \quad I = \frac{k^4(m_1 + m_2)^2 + b^2\omega^4}{k^2(m_1 + m_2)\omega^2} \times \frac{\sin B}{\sin \vartheta} \times 1 \times \frac{\sin \vartheta'}{\sin B'} \times \frac{k^2(m_1 + m_2)\omega'^2}{k^4(m_1 + m_2)^2 + b'^2\omega'^4}.$$

But

$$\vartheta = \vartheta'; \quad B = B'; \quad b = b'; \quad \omega = \omega'$$

so that

$$|I| = 1.$$

Q. E. D.

17. It would have been possible to compute

$$I(B, A)$$

more simply in the following manner.

Consider first *generally* the transformation from rectilinear — X, Y, Z — to polarcoordinates — r, b, a , so that

$$X = r \sin b \cos a$$

$$Y = r \sin b \sin a$$

$$Z = r \cos b$$

The *Iacobiana* of this transformation is

$$(32) \quad I\left(\begin{matrix} X, Y, Z \\ r, b, a \end{matrix}\right) = r^2 \sin b.$$

Let us now, for a moment, introduce a parameter ρ and put

$$p = \rho \sin \vartheta \cos \phi = \rho \xi$$

$$q = \rho \sin \vartheta \sin \phi = \rho \eta$$

$$r = \rho \cos \vartheta = \rho \zeta$$

and

$$\begin{aligned} x &= \rho \sin B \cos A = \rho l \\ y &= \rho \sin B \sin A = \rho m \\ z &= \rho \cos B = \rho n. \end{aligned}$$

Then the transition from the variables ϑ, ϕ to the variables B, A may be performed according to the following scheme:

$$I\left(\begin{matrix} \vartheta, \phi \\ B, A \end{matrix}\right) = I\left(\begin{matrix} \rho, \vartheta, \phi \\ \rho, B, A \end{matrix}\right) = I\left(\begin{matrix} \rho, \vartheta, \phi \\ p, q, r \end{matrix}\right) \times I\left(\begin{matrix} p, q, r \\ x, y, z \end{matrix}\right) \times I\left(\begin{matrix} x, y, z \\ \rho, B, A \end{matrix}\right).$$

But, according to the formula (32), we have

$$I\left(\begin{matrix} \rho, \vartheta, \phi \\ p, q, r \end{matrix}\right) = 1/\rho^2 \sin \vartheta$$

and

$$I\left(\begin{matrix} x, y, z \\ \rho, B, A \end{matrix}\right) = \rho^2 \sin B.$$

As to the remaining determinant we have, according to (16*)

$$\begin{aligned} x &= \alpha_1 p + \alpha_2 q + \alpha_3 r \\ y &= \beta_1 p + \beta_2 q + \beta_3 r \\ z &= \gamma_1 p + \gamma_2 q + \gamma_3 r, \end{aligned}$$

which formulae give

$$I\left(\begin{matrix} x, y, z \\ p, q, r \end{matrix}\right) = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix} = 1$$

so that

$$I\left(\begin{matrix} \vartheta, \phi \\ B, A \end{matrix}\right) = \frac{\sin B}{\sin \vartheta}$$

as before.

18. Final formula for $\nabla(f)$. We have in § 5 obtained for the number of stars »thrown in» into $\Delta\varepsilon_1$ the expression

$$(\text{in}) = \Delta\Omega \Delta t \int \Delta\varepsilon_1'' \Delta\varepsilon_2'' d\phi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2''$$

where $\Delta\varepsilon_1'' = du_1'' dv_1'' dw_1''$ and $\Delta\varepsilon_2'' = du_2'' dv_2'' dw_2''$ and the integration is to be performed over all values of the variables

$$(33) \quad u_1'', v_1'', w_1''; u_2'', v_2'', w_2''$$

such that *after* the passage the velocity components of one of the masses acquire the values $u_1 \pm \frac{1}{2} du_1, v_1 \pm \frac{1}{2} dv_1, w_1 \pm \frac{1}{2} dw_1$, i. e. are situated within the dominion $\Delta\varepsilon_1$.

As we know from our above-mentioned theorem (Meddel. 69) that the variables

$$(34) \quad u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2'$$

after a passage are transformed into the variables

$$(35) \quad u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$$

we have evidently to *identify* the variables (33) and the variables (34), so that we have

$$(\text{in}) = \Delta\Omega \Delta t \int \Delta\varepsilon_1' \Delta\varepsilon_2' d\psi' db' b' \omega' f_1' f_2'.$$

In this formula we substitute the variables (35) for the variables (34). As, according to the invariant theorem of the preceding paragraphs,

$$I \left(\begin{matrix} u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2' \\ u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2 \end{matrix} \right) = 1$$

we thus get

$$(\text{in}) = \Delta\Omega \Delta t \int \Delta\varepsilon_1 \Delta\varepsilon_2 d\psi db b' \omega' f_1' f_2',$$

where instead of $b'\omega'$ may be written $b\omega$.

In this integral u_1, v_1, w_1 are to be kept unaltered, so that $\Delta\varepsilon_1$ may be placed before the sign of integration, and the integration is to be performed over all values of u_2, v_2, w_2 between $-\infty$ and $+\infty$.

According to (8*) we now get

$$(36) \quad \begin{aligned} (\text{in}) - (\text{out}) &= \Delta\Omega \Delta t \Delta\varepsilon_1 \int (f_1' f_2' - f_1 f_2) \Delta\varepsilon_2 d\psi db b \omega \\ &= \Delta\Omega \Delta t \Delta\varepsilon_1 \nabla(f), \end{aligned}$$

which formula gives the increase in the number of stars within the dominion $\Delta\varepsilon_1$ caused by passages during the time Δt .

We hence have

$$(37) \quad \nabla(f) = \iiint (f_1' f_2' - f_1 f_2) b \omega \Delta\varepsilon_2 d\psi db,$$

where

$$\Delta\varepsilon_2 = du_2 dv_2 dw_2$$

and the integration is to be performed over all values of

$$\psi \text{ between } 0 \text{ and } 2\pi,$$

$$b \quad \gg \quad d \quad \gg \quad \frac{1}{2} B,$$

$$u_2, v_2, w_2 \gg -\infty \gg +\infty.$$

I remind of the fact that

$$f_1' = f(x, y, z; t; u_1', v_1', w_1'),$$

$$f_2' = f(x, y, z; t; u_2', v_2', w_2'),$$

so that we have to introduce in (37) instead of $u_1', v_1', w_1'; u_2', v_2', w_2'$ their values through $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$ given in the formulae (18).

CHAPTER III.

Collisions.

19. If two bodies (stars or molecules) having the masses m_1 and m_2 come into collision and the bodies are unelastic, then the velocities and the velocity components of the two bodies after the collision are identical. If the values of the variables after the collision are denoted by u_1 , u_2 , etc. we hence have

$$(38) \quad u_1' = u_2', \quad v_1' = v_2', \quad w_1' = w_2'$$

and

$$(38^*) \quad \omega_1' = \omega_2'.$$

The integrals of the centre of gravity may be supposed to subsist at the collision, so that

$$(39) \quad \begin{aligned} m_1 u_1' + m_2 u_2' &= m_1 u_1 + m_2 u_2, \\ m_1 v_1' + m_2 v_2' &= m_1 v_1 + m_2 v_2, \\ m_1 w_1' + m_2 w_2' &= m_1 w_1 + m_2 w_2. \end{aligned}$$

Combining (38) and (39) we get

$$(40) \quad \begin{aligned} u_1' &= \frac{m_1 u_1 + m_2 u_2}{m_1 + m_2} = u_2' \\ v_1' &= \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = v_2' \\ w_1' &= \frac{m_1 w_1 + m_2 w_2}{m_1 + m_2} = w_2'. \end{aligned}$$

These formulae show that at collisions the velocities after the collision are unequivocally determined by the velocities before the collisions without introducing any parameters, whereas at passages two parameters b and ψ enter into these relations.

If, on the other hand, the velocities u_1' , u_2' , etc. *after* the collision are known, we cannot from (40) compute their velocities before the collision. We are, indeed, only able to compute the velocity of the centre of gravity of the two bodies, which is unaltered at the collision.

20. Let us now examine how the other integrals of motion behave at the collisions. The integrals of areas in the problem of two bodies are the following, expressed in absolute coordinates:

$$m_1 (y_1 w_1 - z_1 v_1) + m_2 (y_2 w_2 - z_2 v_2) = c_1$$

$$m_1 (z_1 u_1 - x_1 w_1) + m_2 (z_2 u_2 - x_2 w_2) = c_2$$

$$m_1 (x_1 v_1 - y_1 u_1) + m_2 (x_2 v_2 - y_2 u_2) = c_3$$

where c_1, c_2, c_3 are the constants of areas.

Are these integrals valid at a collision between m_1 and m_2 ?

In examining this question we denote by

$$x_1', y_1', z_1', x_2', y_2', z_2'$$

the coordinates after the collision.

Consider now the expression

$$c_1' = m_1 (y_1' w_1' - z_1' v_1') + m_2 (y_2' w_2' - z_2' v_2')$$

and compute its value immediately *after* the collision.

Then we have

$$y_1' = y_1 = y_2 = y_2',$$

$$z_1' = z_1 = z_2 = z_2',$$

whereas u_1', u_2' , etc. are given through the formulae (40).

Consequently we get

$$\begin{aligned} m_1 (y_1' w_1' - z_1' v_1') &= m_1 \left(y_1 \frac{m_1 w_1 + m_2 w_2}{m_1 + m_2} - z_1 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \right) \\ &= \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} (y_1 w_1 - z_1 v_1) + \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (y_1 w_2 - z_1 v_2) \\ &= \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} (y_1 w_1 - z_1 v_1) + \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (y_2 w_2 - z_2 v_2) \end{aligned}$$

and

$$m_2 (y_2' w_2' - z_2' v_2') = \frac{m_2^2}{m_1 + m_2} (y_2 w_2 - z_2 v_2) + \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (y_1 w_1 - z_1 v_1),$$

so that

$$\begin{aligned} m_1 (y_1' w_1' - z_1' v_1') + m_2 (y_2' w_2' - z_2' v_2') &= \\ &= m_1 (y_1 w_1 - z_1 v_1) + m_2 (y_2 w_2 - z_2 v_2) = c_1. \end{aligned}$$

Hence the theorem: *The integrals of the areas are unaltered at the collisions.*

21. Consider next the energy integral.

We get from (40)

$$m_1 u_1'^2 = \frac{m_1}{(m_1 + m_2)^2} [m_1^2 u_1^2 + m_2^2 u_2^2 + 2m_1 m_2 u_1 u_2],$$

$$m_2 u_2'^2 = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)^2} [m_1^2 u_1^2 + m_2^2 u_2^2 + 2m_1 m_2 u_1 u_2]$$

and

$$m_1 u_1'^2 + m_2 u_2'^2 = \frac{m_1^2 u_1^2 + m_2^2 u_2^2 + 2m_1 m_2 u_1 u_2}{m_1 + m_2}$$

But

$$m_1^2 = m_1 (m_1 + m_2 - m_2) = m_1 (m_1 + m_2) - m_1 m_2$$

$$m_2^2 = m_2 (m_1 + m_2 - m_1) = m_2 (m_1 + m_2) - m_1 m_2$$

so that

$$m_1 u_1'^2 + m_2 u_2'^2 = m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2 - \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (u_2 - u_1)^2.$$

Putting

$$T = \frac{1}{2} m_1 (u_1^2 + v_1^2 + w_1^2) + \frac{1}{2} m_2 (u_2^2 + v_2^2 + w_2^2)$$

$$T' = \frac{1}{2} m_1 (u_1'^2 + v_1'^2 + w_1'^2) + \frac{1}{2} m_2 (u_2'^2 + v_2'^2 + w_2'^2)$$

we deduce

$$(41) \quad T' = T - \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} \omega^2,$$

where as usual ω denotes the relative velocity.

This is the theorem of CARNOT.

It shows that *the kinetic energy is always diminished at a collision.*

The combination of these theorems regarding the integrals of the areas and the energy integral leads to important cosmogonic conclusions, which were first studied by the late sir ROBERT BALL. I have no opportunity here to enter further into this subject.

Regarding passages we found that the relative velocity ω' after the passage (at infinite distance) was equal to the relative velocity ω before passage. At collisions this theorem is evidently not valid, as *the relative velocity after the passage is always = 0.*

22. The number of stars »thrown out» at a collision.

Repeating the same reasoning as in § 4 we find for the number of stars which, owing to collisions, are thrown out from the dominion $\Delta\epsilon_1$ in the time Δt the expression

$$(42) \quad (\text{out}) = \Delta\Omega \Delta\epsilon_1 \Delta t \int \Delta\epsilon_2 d\psi db b \omega f_1 f_2,$$

where, however, the integration is to be performed between the following limits:

$$\begin{array}{llll} u_2, v_2, w_2 & \text{between} & -\infty & \text{and} & +\infty, \\ \psi & & 0 & & 2\pi, \\ b & & 0 & & d, \end{array}$$

h. e. the same limits regarding ψ and the velocities, but different limits regarding b .

The integration may be performed regarding the variables ψ and b and we get:

$$(42^*) \quad (\text{out}) = \Delta\Omega \Delta\epsilon_1 \Delta t \pi d^2 \int du_2 dv_2 dw_2 f_1 f_2 \omega.$$

We observe that the function f_1 is not dependent on u_2, v_2, w_2 and may hence be placed before the integral.

23. Number of stars »thrown in» at a collision.

Even here it is possible to use, at least in part, the same reasonings as with regard to passages. Let us consider two stars m_1 and m_2 situated within $\Delta\varepsilon_1''$ and $\Delta\varepsilon_2''$ respectively, so that the components of the velocity of m_1 lie between the limits

$$\begin{aligned} u_1'' &\pm \frac{1}{2} \Delta u_1'' \\ v_1'' &\pm \frac{1}{2} \Delta v_1'' \\ w_1'' &\pm \frac{1}{2} \Delta w_1'' \end{aligned}$$

and the components of the velocity of m_2 between the limits $u_2'' \pm \frac{1}{2} \Delta u_2''$ etc.

Varying $\Delta\varepsilon_1''$ and $\Delta\varepsilon_2''$ in all possible manners we find, for the number of stars thrown in by collisions into $\Delta\varepsilon_1$, the expression

$$(43) \quad (\text{in}) = \Delta\Omega \Delta t \int \Delta\varepsilon_1'' \Delta\varepsilon_2'' d\phi'' db'' b'' \omega'' f_1'' f_2'',$$

where the integration is to be performed over all such values of the variables as *after* the collision give rise to velocities within $\Delta\varepsilon_1$.

As, according to (40), the relations between the velocities before and after a collision do not depend on ϕ and b — in this case not on ϕ'' and b'' — it is therefore possible to perform the integrations regarding these variables, and we get

$$(43^*) \quad (\text{in}) = \Delta\Omega \Delta t \pi d^2 \int \Delta\varepsilon_1'' \Delta\varepsilon_2'' f_1'' f_2'' \omega'',$$

where

$$\omega'' = \sqrt{(u_2'' - u_1'')^2 + (v_2'' - v_1'')^2 + (w_2'' - w_1'')^2}.$$

If the velocity component, parallel to the X-axis, before the collision are u_1'' and u_2'' , so have these components after the collision, according to (40), the common value

$$\frac{m_1 u_1'' + m_2 u_2''}{m_1 + m_2}.$$

The integration over the variables u_1'', u_2'' , etc. is to be performed in such a manner that the expression above gets the value u_1 . Hence we have the relation

$$(44) \quad \frac{m_1 u_1'' + m_2 u_2''}{m_1 + m_2} = u_1,$$

where u_1 is to be considered unaltered at the integration. We now exchange u_1'' and u_2'' for two new variables; as one of these we may most suitably choose u_1 defined through (44); as the other we choose a variable u_2 equal to the *relative* velocity before the collision:

$$(45) \quad u_2 = u_2'' - u_1''.$$

Inverting these formulae we get

$$u_1'' = u_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} u_2,$$

$$u_2'' = u_1 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} u_2.$$

For the *Iacobiana* we obtain the value:

$$I \begin{pmatrix} u_1'', u_2'' \\ u_1, u_2 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} 1, -\frac{m_2}{m_1 + m_2} \\ 1, +\frac{m_1}{m_1 + m_2} \end{vmatrix} = 1$$

so that

$$\Delta \varepsilon_1'' \Delta \varepsilon_2'' = \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2.$$

The formula (43*) now takes the form

$$(46) \quad (\text{in}) = \Delta \Omega \Delta t \pi d^2 \Delta \varepsilon_1 \int \Delta \varepsilon_2 f_1'' f_2'' \omega'',$$

where $\Delta \varepsilon_1$ is placed before the integral. As to ω'' it has the value

$$(46^*) \quad \omega'' = \sqrt{u_2'^2 + v_2'^2 + w_2'^2} = \omega_2.$$

24. Combining the formulae (46) and (46*) we now get

$$(47) \quad (\text{in}) - (\text{out}) = \Delta \Omega \Delta t \Delta \varepsilon_1 \pi d^2 \int \Delta \varepsilon_2 (f_1'' f_2'' \omega_2 - f_1 f_2 \omega).$$

For the »collisionfunction» $\square(f_1)$ we get the value

$$\square(f_1) = \pi d^2 \iiint_{-\infty}^{+\infty} du_2 dv_2 dw_2 (f_1'' f_2'' \omega_2 - f_1 f_2 \omega),$$

where

$$\begin{aligned} f_1'' &= f(t; x, y, z; u_1'', v_1'', w_1'') \\ &= f\left(t; x, y, z; u_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} u_2, v_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} v_2, w_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} w_2\right), \end{aligned}$$

and

$$f_2'' = f\left(t; x, y, z; u_1 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} u_2, v_1 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_2, w_1 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} w_2\right).$$

The differentialequation for f_1 is now

$$(48) \quad \frac{\partial f_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} + w_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} + X \frac{\partial f_1}{\partial u_1} + Y \frac{\partial f_1}{\partial v_1} + Z \frac{\partial f_1}{\partial w_1} = \nabla(f_1) + \square(f_1)$$

or more briefly

$$(48^*) \quad \frac{df_1}{dt} = \nabla(f_1) + \square(f_1).$$

For f_2 we obtain the similar equation

$$(49) \quad \frac{df_2}{dt} = \nabla(f_2) + \square(f_2),$$

where

$$(50) \quad \square(f_2) = \pi d_2 \int_{-\infty}^{+\infty} du_1 dv_1 dw_1 (f_1'' f_2'' \omega_1 - f_1 f_2 \omega).$$

As to $\nabla(f_1)$ and $\nabla(f_2)$ their values are, according to (37)

$$\nabla(f_1) = \iiint du_2 dv_2 dw_2 d\psi db (f_1' f_2' - f_1 f_2) b \omega,$$

and

$$\nabla(f_2) = \iiint du_1 dv_1 dw_1 d\psi db (f_1' f_2' - f_1 f_2) b \omega.$$

25. Total number of collisions. In calculating the total number of collisions we may use either the expression for the number of stars »thrown out» or that for the number of stars »thrown in», integrating in either case over all values of the components of velocity between $\pm \infty$. Per unit of time and space (stellar year and cub. siriometer) we get

$$(51) \quad \text{Total number of collisions} = \pi d^2 \iint \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 f_1 f_2 \omega.$$

Denoting the mean value of a function — y — of $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$ by $M(y)$, so that

$$M(y) = \frac{\iint \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 f_1 f_2 y}{\iint \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 f_1 f_2},$$

and putting

$$\int \Delta \varepsilon_1 f_1 = \int \Delta \varepsilon_2 f_2 = n,$$

so that n is equal to the number of stars per cub-siriometer. Then we have

$$M(y) = \frac{1}{n^2} \iint \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 f_1 f_2 y$$

and hence

$$(51^*) \quad \text{Total number of collisions} = \pi d^2 n^2 M(\omega).$$

$M(\omega)$ is the mean value of the *relative* velocity of the stars. If the frequency function f is known, this mean value can be computed. Take, for instance,

$$f_1 = \frac{m_1^{3/2} n}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{m_1(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2)}{2\sigma^2}},$$

$$f_2 = \frac{m_2^{3/2} n}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{m_2(u_2^2 + v_2^2 + w_2^2)}{2\sigma^2}},$$

where I suppose the masses of the two bodies unequal, though our expressions for the collision function is only valid for equal masses.

To evaluate the integral $M(\omega)$ we make an exchange of variables, putting

$$u_1 = U_1 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} U_2,$$

$$u_2 = U_1 + \frac{m_1}{m_1 + m_2} U_2,$$

and similar formulae for the other components. *Iacobiana* is = 1, and further is

$$u_2 - u_1 = U_2$$

and

$$m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2 = (m_1 + m_2) U_1^2 + \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} U_2^2$$

so that

$$\omega = \sqrt{U_2^2 + V_2^2 + W_2^2}$$

and

$$M(\omega) = I_1 I_2,$$

where

$$I_1 = \frac{(m_1 m_2)^{3/2}}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} \int dU_1 dV_1 dW_1 e^{-\frac{m_1 + m_2}{2\sigma^2} (U_1^2 + V_1^2 + W_1^2)},$$

$$I_2 = \frac{1}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} \int \sqrt{U_2^2 + V_2^2 + W_2^2} dU_2 dV_2 dW_2 e^{-\frac{m_1 m_2}{2\sigma^2 (m_1 + m_2)} (U_2^2 + V_2^2 + W_2^2)}.$$

Introducing polarcoordinates

$$\begin{aligned} U_1 &= r_1 \sin b_1 \cos a_1, & U_2 &= r_2 \sin b_2 \cos a_2, \\ V_1 &= r_1 \sin b_1 \sin a_1, & V_2 &= r_2 \sin b_2 \sin a_2, \\ W_1 &= r_1 \cos b_1, & W_2 &= r_2 \cos b_2 \end{aligned}$$

we get

$$\begin{aligned} dU_1 dV_1 dW_1 &= r_1^2 \sin b_1 dr_1 db_1 da_1 \\ dU_2 dV_2 dW_2 &= r_2^2 \sin b_2 dr_2 db_2 da_2. \end{aligned}$$

The limits of integration are: for b_1 and b_2 0 to π , for a_1 and a_2 0 to 2π , for r_1 and r_2 0 to $+\infty$.

The integrations regarding b and a give the factor 4π in both equations, so that

$$I_1 = \frac{4\pi (m_1 m_2)^{3/2}}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} \int_0^\infty dr_1 r_1^2 e^{-\frac{m_1 + m_2}{2\sigma^2} r_1^2},$$

$$I_2 = \frac{4\pi}{\sigma^3 (2\pi)^{3/2}} \int_0^\infty dr_2 r_2^3 e^{-\frac{m_1 m_2}{2\sigma^2 (m_1 + m_2)} r_2^2}.$$

For the reduction of I_1 we put

$$r_1 = \frac{\sigma}{\sqrt{m_1 + m_2}} x$$

and get

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{4\pi (m_1 m_2)^{3/2}}{(m_1 + m_2)^{3/2} (2\pi)^{3/2}} \int_0^\infty dx x^2 e^{-x^2/2} \\ &= \frac{(m_1 m_2)^{3/2}}{(m_1 + m_2)^{3/2}}. \end{aligned}$$

For reducing I_2 we put

$$r_2 = \frac{\sigma \sqrt{m_1 + m_2}}{\sqrt{m_1 m_2}} y$$

and get

$$I_2 = \frac{4\pi \sigma (m_1 + m_2)^2}{(2\pi)^{3/2} (m_1 m_2)^2} \int_0^\infty dy y^3 e^{-y^2},$$

where the integral has the value 2.

We thus finally get

$$(52) \quad M(\omega) = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \frac{\sqrt{m_1 + m_2}}{\sqrt{m_1 m_2}} \sigma.$$

For $m_1 = m_2 = 1$ we obtain

$$(52^*) \quad M(\omega) = \frac{4\sigma}{\sqrt{\pi}}$$

and the number of collisions is now, according to (51*),

$$(53) \quad 4\sqrt{\pi} d^2 n^2 \sigma$$

which is the formula of MAXWELL. This is the analytical expression for the total number of collisions of all stars in a cm^3 per stellar year.

Here σ denotes the *mean component* velocity. If the mean velocity Ω is introduced (Meddel 70 (12))

$$\Omega = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sigma,$$

so is the expression for the number of collisions

$$\sqrt{2} \pi d^2 n^2 \Omega$$

agreeing with Meddel. 70, where, however, the number of collisions for *one* star is given.

CHAPTER IV.

The *H*-theorem.

26. When MAXWELL (1859) first took account, in the kinetic theory of the gases, of the different velocities of the molecules in a gas, he was led to the law, which bears his name, that, for a gas in equilibrium, the frequency function (f) of the components of velocity must necessarily take the form

$$f = Ce^{-\frac{u^2 + v^2 + w^2}{2\sigma^2}}$$

supposing all particles to have the same mass.

The demonstrations he has given at different times of this fundamental theorem are, however, by no means successful. Even later attempts to give a *direct* proof of the theorem have scarcely been satisfactory.

It was hence an essential improvement when BOLTZMANN (1872) with the help of his so called *H*-theorem attacked the problem from an essentially new point of view, thus throwing light upon the matter mathematically as well as physically, and simultaneously giving a new and rigorous proof of the theorem of MAXWELL.

In the researches of the physicists on this theorem there is generally to be taken into account the special circumstances under which the gases are met with in their laboratory experiments. The gases are usually confined in vessels, and not exposed to outer forces (except gravity) etc.

In the astronomical applications we must, however, think of a free assembly of particles (stars), where the density distribution at the outset is arbitrary, and where no other limits are given than those determined by the motion and the mutual attraction of the particles.

27. Let f be our frequency function so that

$$f_1 d\varepsilon_1 d\Omega$$

denotes the number of stars which at the time t lie between the limits

$$x \pm \frac{1}{2} dx$$

$$y \pm \frac{1}{2} dy$$

$$z \pm \frac{1}{2} dz$$

shortly within the dominion $d\Omega$ in space and having velocity components within the limits

$$\begin{aligned} u_1 &\pm \frac{1}{2} du_1 \\ v_1 &\pm \frac{1}{2} dv_1 \\ w_1 &\pm \frac{1}{2} dw_1 \end{aligned}$$

shortly within $d\varepsilon_1$.

The frequency function f_1 is a function of t and moreover of $x, y, z; u_1, v_1, w_1$.

Consider the integral

$$(54) \quad F = \int Q f_1 d\varepsilon_1 d\Omega$$

integrated over all values of the velocities all over the space Ω where stars are to be found.

The limits of Ω change with the time partly because the assembly of stars is moving in space, partly because the volume is continuously changed with the time. *The limits of the integral are hence dependent on the time.*

If N is the whole number of stars within Ω , so is

$$(55) \quad N = \int f_1 d\varepsilon_1 d\Omega$$

where also the integration is to be performed over all values of the velocities and the coordinates.

We hence have

$$(56) \quad F = N M(Q),$$

where $M(Q)$ denotes the mean value of Q .

It may be observed that F depends on no other variable than the time and that N is a constant.

We propose to form the differentialcoefficient of F , in regard to t .

The time enters into the right member of (54) in the functions Q and f_1 under the integral, and moreover in the integral, which is to be taken over the whole dominion Ω . We thus get

$$(57) \quad \begin{aligned} \frac{dF}{dt} &= \int_{\Omega} \left(\dot{Q} \frac{\partial f_1}{\partial t} + f_1 \frac{\partial Q}{\partial t} \right) d\varepsilon_1 d\Omega \\ &+ \int_{\Delta\Omega} Q f_1 d\varepsilon_1 d\Omega, \end{aligned}$$

where the latter integral (multiplied by dt) denotes the change in F caused by the change in the limits of Ω . If in fig. 5 the dotted figure denotes the limits (in 3 dimensions) after the time dt , so this integral is obtained by integrating Qf_1 over the dominion denoted by $+$ and subtracting the integral over the dominion denoted by $-$.

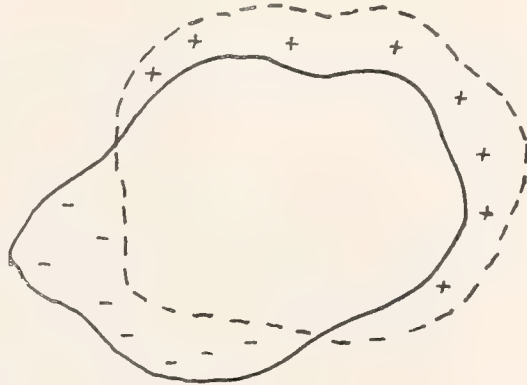


Fig. 5.

Put, in (57), instead of $\frac{\partial f_1}{\partial t}$ its value from the fundamental equation

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} = - \left(u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} + w_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} \right) - \left(X \frac{\partial f_1}{\partial u_1} + Y \frac{\partial f_1}{\partial v_1} + Z \frac{\partial f_1}{\partial w_1} \right) + \nabla (f_1) + \square (f_1)$$

then

$$(58) \quad \frac{dF}{dt} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6),$$

where

$$\begin{aligned} (1) &= \int f_1 \frac{\partial Q}{\partial f} d\varepsilon_1 d\Omega, \\ (2) &= - \int \left(u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} + w_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} \right) Q d\varepsilon_1 d\Omega, \\ (3) &= - \int \left(X \frac{\partial f_1}{\partial u_1} + Y \frac{\partial f_1}{\partial v_1} + Z \frac{\partial f_1}{\partial w_1} \right) Q d\varepsilon_1 d\Omega, \\ (4) &= \int \nabla (f_1) Q d\varepsilon_1 d\Omega, \\ (5) &= \int \square (f_1) Q d\varepsilon_1 d\Omega, \\ (6) &= \int Q f_1 d\varepsilon_1 d\Omega. \end{aligned}$$

Consider (2)! As, in the differentiations regarding the coordinates, the velocities are to be kept constant, we have

$$\begin{aligned} (2) &= - \int \left(\frac{\partial u_1 f_1}{\partial x} + \frac{\partial v_1 f_1}{\partial y} + \frac{\partial w_1 f_1}{\partial z} \right) Q d\varepsilon_1 d\Omega \\ &= - \int \left(\frac{\partial u_1 f_1 Q}{\partial x} + \frac{\partial v_1 f_1 Q}{\partial y} + \frac{\partial w_1 f_1 Q}{\partial z} \right) d\varepsilon_1 d\Omega \\ &\quad + \int \left(u_1 f_1 \frac{\partial Q}{\partial x} + v_1 f_1 \frac{\partial Q}{\partial y} + w_1 f_1 \frac{\partial Q}{\partial z} \right) d\varepsilon_1 d\Omega. \end{aligned}$$

If, however, n denotes the outwardly directed normal of the limiting surface, then, as is well known from the potentialtheory,

$$\int_{\Omega} \frac{\partial u_1 f_1 Q}{\partial x} d\varepsilon_1 d\Omega = \int_{\sigma} u_1 f_1 Q \cos (xn) d\varepsilon_1 d\sigma,$$

where σ is an element of the limiting surface.

Consequently we get

$$\begin{aligned} &\int_{\Omega} \left(\frac{\partial u_1 f_1 Q}{\partial x} + \frac{\partial v_1 f_1 Q}{\partial y} + \frac{\partial w_1 f_1 Q}{\partial z} \right) d\varepsilon_1 d\Omega \\ &= \int_{\sigma} d\sigma d\varepsilon_1 f_1 Q_1 (u_1 \cos \overline{xn} + v_1 \cos \overline{yn} + w_1 \cos \overline{zn}). \end{aligned}$$

But

$$\begin{aligned} u_1 &= \omega_1 \cos \overline{x\omega_1}, \\ v_1 &= \omega_1 \cos \overline{y\omega_1}, \\ w_1 &= \omega_1 \cos \overline{z\omega_1}. \end{aligned}$$

As further

$$\cos \overline{x\omega_1} \cos \overline{xn} + \cos \overline{y\omega_1} \cos \overline{yn} + \cos \overline{z\omega_1} \cos \overline{zn} = \cos \overline{\omega_1 n},$$

the right member of the above equation therefore takes the form

$$\int_{\Sigma} d\sigma d\varepsilon_1 f_1 Q \omega_1 \cos \overline{n\omega_1} = \int_G d\sigma d\varepsilon_1 f_1 Q G_n,$$

where G_n denotes the velocity component *perpendicular* (outwards) to the limiting surface.

But $d\sigma G_n$ = an element ($d\Omega$) of the space between the limiting surface at the time t and the limiting surface at the time $t + dt$. Consequently this integral is nothing but the integral expressed above as

$$\int_{\Delta\Omega} f_1 Q d\varepsilon_1 d\Omega,$$

so that

$$(2) + (6) = \int f_1 \left(u_1 \frac{\partial Q}{\partial x} + v_1 \frac{\partial Q}{\partial y} + w_1 \frac{\partial Q}{\partial z} \right) d\varepsilon_1 d\Omega$$

or otherwise written

$$(59) \quad \int_{\Delta\Omega} Q f_1 d\varepsilon_1 d\Omega = \int_{\Omega} \left(u_1 \frac{\partial f_1 Q}{\partial x} + v_1 \frac{\partial f_1 Q}{\partial y} + w_1 \frac{\partial f_1 Q}{\partial z} \right) d\varepsilon_1 d\Omega.$$

From this equation, together with (57), we get the following general theorem. Let Φ be any function of $t; x, y, z; u, v, w$. Then (supposing the integration regarding u, v, w to be performed between constant limits):

$$(60) \quad \frac{d \int_{\Omega} \Phi d\varepsilon d\Omega}{dt} = \int_{\Omega} d\varepsilon d\Omega \left[\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial x} u + \frac{\partial \Phi}{\partial y} v + \frac{\partial \Phi}{\partial z} w \right]$$

a theorem that might suitably have been placed at the head of our demonstration.

28. Considering now (3) we get (the forces being independent of the velocities)

$$\begin{aligned} (3) &= - \int \left(\frac{\partial f_1 X}{\partial u_1} + \frac{\partial f_1 Y}{\partial v_1} + \frac{\partial f_1 Z}{\partial w_1} \right) Q d\varepsilon_1 d\Omega \\ &= - \int \left(\frac{\partial f_1 X Q}{\partial u_1} + \frac{\partial f_1 Y Q}{\partial v_1} + \frac{\partial f_1 Z Q}{\partial w_1} \right) d\varepsilon_1 d\Omega \\ &\quad + \int \left(f_1 X \frac{\partial Q}{\partial u_1} + f_1 Y \frac{\partial Q}{\partial v_1} + f_1 Z \frac{\partial Q}{\partial w_1} \right) d\varepsilon_1 d\Omega. \end{aligned}$$

The first of these integrals does, however, vanish, because $f_1 = 0$ for $u_1 = \pm \infty$, as well as for $v_1 = \pm \infty$ or $w_1 = \pm \infty$.

Substituting the values of (2), (3) and (6) we now get

$$(61) \quad \frac{dF}{dt} = \int f_1 \left[\frac{\partial Q}{\partial t} + u_1 \frac{\partial Q}{\partial x} + v_1 \frac{\partial Q}{\partial y} + w_1 \frac{\partial Q}{\partial z} + X \frac{\partial Q}{\partial u_1} + Y \frac{\partial Q}{\partial v_1} + Z \frac{\partial Q}{\partial w_1} \right] d\varepsilon_1 d\Omega$$

+ (4) + (5).

Here Q may denote any function of $t; x, y, z; u_1, v_1, w_1$.

If, especially, $Q = \log f_1$, we get the H -function of BOLTZMANN

$$(62) \quad H = \int \log f_1 f_1 d\varepsilon_1 d\Omega.$$

The formula (61) now gives

$$\frac{dH}{dt} = \int \left[\frac{\partial f_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} + w_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} + X \frac{\partial f_1}{\partial u_1} + Y \frac{\partial f_1}{\partial v_1} + Z \frac{\partial f_1}{\partial w_1} \right] d\varepsilon_1 d\Omega$$

+ (4) + (5).

The integral in the right member of this equation has, however, the value zero. We have indeed

$$\int X \frac{\partial f_1}{\partial u_1} d\varepsilon_1 d\Omega = \int \frac{\partial X f_1}{\partial u_1} d\varepsilon_1 d\Omega = 0.$$

Put for a moment

$$I = \int f d\varepsilon d\Omega,$$

the integral taken over the whole dominion Ω , then we have

$$\frac{dI}{dt} = \int \frac{\partial f}{\partial t} d\varepsilon d\Omega + \int_{\Delta\Omega} f d\varepsilon d\Omega$$

or, according to (60)

$$\frac{dI}{dt} = \int_{\Omega} d\varepsilon d\Omega \left(\frac{\partial f}{\partial t} + u \frac{\partial f}{\partial x} + v \frac{\partial f}{\partial y} + w \frac{\partial f}{\partial z} \right).$$

But I is nothing but N = the total number of stars, which is not altered with the time. Consequently we get

$$\frac{dI}{dt} = 0$$

so that now the expression for $dH:dt$ takes the form

$$(63) \quad \frac{dH}{dt} = \int \nabla (f_1) \log f_1 d\varepsilon_1 d\Omega + \int \square (f_1) \log f_1 d\varepsilon_1 d\Omega.$$

29. We have, hitherto, taken the collision-function also into consideration, though it does not occur in the H -theorem, which is not concerned with real (une-
lastic) collisions, but only with passages. In the following the collision-function is left out, so that

$$(64) \quad \frac{dH}{dt} = \int \Delta(f_1) \log f_1 d\varepsilon_1 d\Omega.$$

Evidently the function H might equally well have been defined by the formula

$$(65) \quad H = \int \log f_2 \cdot f_2 d\varepsilon_2 d\Omega,$$

where only other denominations of the variables have been used.

Or we may write

$$H = \int \log f_1' \cdot f_1' d\varepsilon_1' d\Omega$$

or

$$H = \int \log f_2' \cdot f_2' d\varepsilon_2' d\Omega$$

We thus obtain four different forms of the equation (64), where in turn the following four expressions of the passage function are to be used:

$$\nabla(f_1) = \int d\varepsilon_2 d\psi db (f_1' f_2' - f_1 f_2) b\omega,$$

$$\nabla(f_2) = \int d\varepsilon_1 d\psi db (f_1' f_2' - f_1 f_2) b\omega,$$

$$\nabla(f_1') = \int d\varepsilon_2' d\psi' db' (f_1 f_2 - f_1' f_2') b'\omega',$$

$$\nabla(f_2') = \int d\varepsilon_1' d\psi' db' (f_1 f_2 - f_1' f_2') b'\omega'.$$

Substituting these expressions in (64), exchanging the variables with the help of integral invariant, so that the same variables occur in all integrals, and adding the four thus obtained values of $dH:dt$, we get

$$(65) \quad \frac{dH}{dt} = -\frac{1}{4} \int d\Omega d\varepsilon_1 d\varepsilon_2 d\psi db \log \frac{f_1' f_2'}{f_1 f_2} (f_1' f_2' - f_1 f_2) b\omega.$$

As

$$f_1' f_2' - f_1 f_2 \geq 0$$

at the same time as

$$\log f_1' f_2' / f_1 f_2 \geq 0$$

we infer that the right member of (65) is always negative.

The H -function is always decreasing, except in the case $f_1' f_2' - f_1 f_2 = 0$, when H is constant.

This is the H -theorem of BOLTZMANN.

From the H -theorem the theorem of MAXWELL regarding the final distribution of the velocities may be derived. For this point I refer to the treatises on the kinetic theory of the gases.

30. The paradox of Loschmidt.

Regarding the interpretation of the H -theorem the following remarks may find place.

It follows directly from the H -theorem that a stationary state (= statistical equilibrium) cannot occur before the frequency function has such a form that the equality

$$f_1' f_2' - f_1 f_2 = 0$$

is satisfied. Suppose f^0 be the solution of this functional equation. If now, at the time t , the frequency function has the value f , then the H -theorem states that f must accept a series of values

$$f, f^{(1)}, f^{(2)}, f^{(3)}$$

that assymtotically approach the value f^0 .

This result must subsist for all values of the velocities at the time t .

Suppose that we at the time $t^{(3)}$ have thus obtained the frequency function $f^{(3)}$. The same conclusions now hold good regarding $f^{(3)}$ as regarding f above, i. e. whatever values may be assumed for the velocities at the time $t^{(3)}$, $f^{(3)}$ must assymtotically approach the value f^0 . On the other hand it is evident that if all bodies at the time $t^{(3)}$ change the sign of their velocities, so that the body m_r gets the velocity components

$$-u_r^{(3)}, -v_r^{(3)}, -w_r^{(3)}$$

instead of

$$u_r^{(3)}, v_r^{(3)}, w_r^{(3)}$$

before, then the values

$$f^{(3)}, f^{(2)}, f^{(1)}, f,$$

and the corresponding values of H must be described in an inverse order to before i. e. the value of H is increasing instead of decreasing. This remark was first made by LOSCHMIDT (1876).

This criticism, as is the case with most so called paradoxes, is largely a matter of words, though under the discussion lies an important meaning.

The H-theorem is a theorem of statistical mechanics and not of rational mechanics.

31. The H -theorem is based on the computation of the number of passages at given azimuths and distances. This number, however, cannot be exactly computed under the given conditions. The values we have to deal with are *mean values*. The distribution of coordinates and velocities is supposed to be only approximately known. The real distribution may deviate from this more or less, and it is an essential feature of our reasoning that the elementary values of the coordinates, the velocities, and the time may not be chosen as small as we please, while the coordinates etc. are known to us only with the same degree of exactitude as these elementary values. The result is a *mean* result and the H -theorem pronounces the exceedingly important thesis that the function H upon an average is decreasing.

From the definition (the factor $1/N$ is added)

$$H = \frac{1}{N} \int \log f \cdot f \, d\epsilon \, d\Omega$$

it follows that H signifies *the mean value of the logarithm of the frequency function*, where the mean is taken not only over all values of the velocities but also over all values of the coordinates. The H -theorem states that the average value of $\log f$ decreases with the time, or — though this way of putting it is not fully adequate — that the average value of f increases. *The distribution of the velocities changes from a »less probable» to a »more probable» distribution.* It would be quite possible to advance this thesis as a *mechanical principle* similar to the principle of the least resistance or other principles in rational mechanics.

Several authors — BOLTZMANN, MAXWELL, GIBBS — have, indeed, tried to base the kinetic theory of gases on other grounds than those first used by CLAUSIUS and MAXWELL himself, and employed in this memoir. Instead of considering a certain given system of bodies they conceive of a very great (infinitely great) number of systems each consisting of the same bodies, but having — from one system to the other — different coordinates and velocities. It is this conception which *par préférence* is called statistical mechanics (GIBBS). If now the initial coordinates and velocities are varied in all possible manners, it is found that certain kinds of systems (systems of equilibrium) occur much more frequently (infinitely more frequently) than others, in like manner as, when drawing balls from an urn containing an equal number of white and black balls, the proportion $1/2 (\pm \delta)$ between the number of white and the number of drawn balls is obtained much oftener (infinitely more often, if the number of drawings is infinite) than any other proportion.

If I have not used these considerations as the basis of the present investigation, the reason is, more particularly, that we are thus led into mathematical prolixities and difficulties which are far from being solved. We should indeed have to do with the problem of n bodies in its greatest generality. We should have to do with periodical and asymptotical solutions, with integral invariants and with the most subtle problems of the theory of probability.

For the present I think the »passage method» is to be preferred. It is mathematically simpler and leads comparatively more easily to *quantitative* results. In order to obtain such results it is, at any rate, necessary to fix the function of force acting between the moving bodies, and there is no doubt that this function of force is in our stellar system nothing but the law of NEWTON.

CHAPTER V.

Integration of the fundamental equation in statistical mechanics.

32. Some theorems on the development of a frequency function in a series of type A .

We have use for some theorems from the mathematical statistics, which, for the sake of completeness, are here deduced.

Let us consider a series of type A of one variable:

$$(66) \quad F(x) = \sum A_n \varphi^{(n)}(x).$$

Putting

$$(67) \quad \varphi^{(n)}(x) = R_n(x) \varphi(x)$$

and

$$\varphi(x) = \frac{1}{\alpha \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-L)^2}{2\alpha^2}},$$

so is (Meddel. N:o 27)

$$(68) \quad A_n = \frac{\alpha^{2n}}{[n]} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x) R_n(x) dx.$$

I will write in the following, until further notice, x instead of $x - L$.

The functions $R_n(x)$ are the polynomes of *Hermite*, their general expression being

$$(69) \quad R_n(x) = \frac{(-1)^n}{\alpha^n} \left\{ \frac{x^n}{\alpha^n} - \frac{n(n-1)}{[1] 2^1} \frac{x^{n-2}}{\alpha^{n-2}} + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{[2] 2^2} \frac{x^{n-4}}{\alpha^{n-4}} - \dots \right\}.$$

Putting

$$R_n(x) = \frac{(-1)^n}{\alpha^n} S_n(x),$$

so that $S_n(x)$ denotes the parenthesis in the expression (69), we have

$$(70) \quad F(x) = \varphi(x) \{ \gamma_0 + \gamma_1 S_1(x) + \gamma_2 S_2(x) + \dots \},$$

where

$$(71) \quad \gamma_r = \frac{1}{L^r} \int_{-\infty}^{+\infty} F(x) S_r(x) dx,$$

which form has the advantage of containing x and α only in the combination $x:\alpha$ (or more precisely $(x-L):\alpha$).

33. Special values of the coefficients are given in Meddel. N:o 57. We quote:

$$(72) \quad \begin{aligned} S_0(x) &= 1, & S_3(x) &= \frac{x^3}{\alpha^3} - 3 \frac{x}{\alpha}, \\ S_1(x) &= \frac{x}{\alpha}, & S_4(x) &= \frac{x^4}{\alpha^4} - 6 \frac{x^2}{\alpha^2} + 3, \\ S_2(x) &= \frac{x^2}{\alpha^2} - 1, & \text{etc.} \end{aligned}$$

Substituting these values in (71), we get the coefficients expressed into the moments of the function $F(x)$. We get

$$(73) \quad \begin{aligned} \gamma_0 &= \mu_0'', \\ \gamma_1 &= \frac{\mu_1''}{\alpha}, \\ \gamma_2 &= \frac{\mu_2''}{\alpha^2} - \mu_0'', \\ \gamma_3 &= \frac{\mu_3''}{\alpha^3} - 3 \frac{\mu_1''}{\alpha}, \\ \gamma_4 &= \frac{\mu_4''}{\alpha^4} - 6 \frac{\mu_2''}{\alpha^2} + 3\mu_0'', \quad \text{etc.} \end{aligned}$$

where all moments are taken about the point L , so that

$$(74) \quad \mu_r'' = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-L)^r F(x) dx.$$

The moments μ_r'' about L are to be exchanged for the moments μ_r about the mean (M). The general relation between these moments is:

$$(75) \quad \mu_r'' = \mu_r - r(L-M) \mu_{r-1} + \frac{r(r-1)}{1 \cdot 2} (L-M)^2 \mu_{r-2} - \frac{r(r-1)(r-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} (L-M)^3 \mu_{r-3} + \dots$$

Observing that $\mu_1 = 0$, we thus get

$$(76) \quad \begin{aligned} \mu_0'' &= \mu_0, \\ \mu_1'' &= -(L-M) \mu_0, \\ \mu_2'' &= \mu_2 + (L-M)^2 \mu_0, \\ \mu_3'' &= \mu_3 - 3(L-M) \mu_2 - (L-M)^3 \mu_0, \\ \mu_4'' &= \mu_4 - 4(L-M) \mu_3 + 6(L-M)^2 \mu_2 + (L-M)^4 \mu_0, \\ &\dots \end{aligned}$$

so that

$$\begin{aligned}
 \gamma_0 &= \mu_0, \\
 \alpha \gamma_1 &= - (L-M) \mu_0, \\
 \underline{2} \alpha^2 \gamma_2 &= \mu_2 + ((L-M)^2 - \alpha^2) \mu_0, \\
 \underline{3} \alpha^3 \gamma_3 &= \mu_3 - 3(L-M) \mu_2 - (L-M)^2 \mu_0 + 3\alpha^2 (L-M) \mu_0, \\
 \underline{4} \alpha^4 \gamma_4 &= \mu_4 - 4(L-M) \mu_3 + 6(L-M)^2 \mu_2 + (L-M)^4 \mu_0 \\
 &\quad - 6\alpha_2 (\mu_2 + (L-M)^2 \mu_0) + 3\alpha^4 \mu_0,
 \end{aligned}
 \tag{77}$$

For $L = M$ these relations take the form

$$\begin{aligned}
 \gamma_0 &= \mu_0, \\
 \gamma_1 &= 0, \\
 \underline{2} \alpha^2 \gamma_2 &= \mu_2 - \alpha_2 \mu_0, \\
 \underline{3} \alpha^3 \gamma_3 &= \mu_3, \\
 \underline{4} \alpha^4 \gamma_4 &= \mu_4 - 6\alpha^2 \mu_2 + 3\alpha^4 \mu_0, \quad \text{etc.}
 \end{aligned}
 \tag{78}$$

Were in addition $\alpha^2 = \sigma^2 = \mu_2 : \mu_0$, so should also the coefficient γ_2 vanish and we should get the usual formulae.

34. *A*-series with several variables.

In statistical mechanics we have to do with the frequency function of the three components of velocity (paying for the moment no regard to the positional coordinates). In stellar statistics this frequency function is evidently of type *A*. We have hence here to consider the development

$$F = F(u, v, w) = \sum A_{ijk} \frac{\partial^{i+j+k} \varphi}{\partial u^i \partial v^j \partial w^k},
 \tag{79}$$

where φ may be any function of the form

$$\varphi(u, v, w) = C e^{-g(u, v, w)}$$

where $g(u, v, w)$ is a polynome of the second degree in u, v and w .

Putting

$$\frac{\partial^{i+j+k} \varphi}{\partial u^i \partial v^j \partial w^k} = R_{ijk} \cdot \varphi,
 \tag{80}$$

so is R_{ijk} a polynome, of the degree $i+j+k$, in the variables u, v, w .

The coefficients A_{ijk} have the form

$$A_{ijk} = C_{ijk} \iiint_{-\infty}^{+\infty} F R_{ijk} du dv dw,
 \tag{81}$$

where C_{ijk} is a certain factor, the value of which it is not for the present necessary to know (Compare Meddel. N:o 58 and Ser. II N:o 12).

We learn from Meddel. N:o 71 that the convergence of the development (79), supposing only $g(u, v, w)$ to be a positive form of the second degree, is independent of the choice of the generating function φ and depends only on the qualities of the function F itself. It is preferable to have a generating function of the most simple form possible and I will put

$$(82) \quad \varphi = \frac{1}{\alpha^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{(u-L_1)^2 + (v-L_2)^2 + (w-L_3)^2}{2\alpha^2}},$$

where for the present the parameters L_1, L_2, L_3 are to be left undetermined. Eventually we may put $L_1 = L_2 = L_3 = 0$.

We have now

$$\varphi = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3$$

where

$$(83) \quad \varphi_1 = \frac{1}{\alpha \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(u-L_1)^2}{2\alpha^2}}, \quad \text{etc.},$$

so that

$$R_{ijk} \varphi = \frac{\partial^{i+j+k} \varphi}{\partial u^i \partial v^j \partial w^k} = \frac{\partial^i \varphi_1}{\partial u^i} \frac{\partial^j \varphi_2}{\partial v^j} \frac{\partial^k \varphi_3}{\partial w^k} = R_i^{(1)} R_j^{(2)} R_k^{(3)} \cdot \varphi$$

and

$$(84) \quad R_{ijk} = R_i^{(1)} R_j^{(2)} R_k^{(3)}.$$

We have here put

$$(85) \quad \frac{\partial^i \varphi_1}{\partial u^i} = R_i^{(1)} \cdot \varphi_1$$

and similar formulae for φ_2 and φ_3 .

From (81) we now get

$$(86) \quad A_{ijk} = \frac{\alpha^{2i+2j+2k}}{[i][j][k]} \iiint_{-\infty}^{+\infty} R_{ijk} F du dv dw,$$

where R_{ijk} , according to (84), may be split into three factors, dependent on u, v , and w respectively. If F can also be split up in the same way, then the three-fold integral can be exchanged for the product of three simple integrals.

35. Integration of the fundamental equation.

The fundamental equation in statistical mechanics has the form

$$(87) \quad \frac{df_1}{dt} = \nabla(f_1) + \square(f_1),$$

where $\nabla(f_1)$ is the »passagefunction» and $\square(f_1)$ the »collisionfunction» and f_1 is to be considered as a function of $t; x, y, z; u_1, v_1, w_1$ such that

$$(88) \quad \frac{df_1}{dt} = \frac{\partial f_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} + w_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} + X \frac{\partial f_1}{\partial u_1} + Y \frac{\partial f_1}{\partial v_1} + Z \frac{\partial f_1}{\partial w_1}.$$

Considering f_1 as a frequency function of type A , we integrate (87) through assuming

$$(89) \quad f_1 = \sum A_{ijk} \frac{\partial^{i+j+k} \varphi}{\partial u^i \partial v^j \partial w^k},$$

where

$$(90) \quad \varphi = \frac{1}{\alpha^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{u_1^2 + v_1^2 + w_1^2}{2\alpha^2}}.$$

Using the notation

$$(91^*) \quad \varphi_{ijk} = \frac{\partial^{i+j+k} \varphi}{\partial u_1^i \partial v_1^j \partial w_1^k},$$

we have

$$(91) \quad f_1 = \sum A_{ijk} \varphi_{ijk}.$$

The passagefunction as well as the collisionfunction may be developed into similar series, and we write

$$(92) \quad \nabla(f_1) = \sum \nabla_{ijk} \varphi_{ijk},$$

$$(93) \quad \square(f_1) = \sum \square_{ijk} \varphi_{ijk}.$$

Substituting these series in (88) and equating the coefficients of φ_{ijk} on both sides, we get the required equations for determining A_{ijk} .

It must be observed that the coefficients A_{ijk} are functions of the time as well as of the coordinates x, y, z .

We consider separately the terms in the right member of (88). We get

$$(94) \quad \frac{\partial f_1}{\partial t} = \sum \frac{\partial A_{ijk}}{\partial t} \varphi_{ijk}$$

where the right member directly is expressed as an A -series.

Observing that φ_{ijk} only depends on u_1, v_1, w_1 we further obtain

$$u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} = u_1 \sum \frac{\partial A_{ijk}}{\partial x} \varphi_{ijk} = \sum \frac{\partial A_{ijk}}{\partial x} u_1 \varphi_{ijk}.$$

This development has not directly the form of an A -series. But

$$u_1 \varphi_{ijk} = u_1 R_{ijk} \varphi$$

and according to the recursion formula

$$(95) \quad \alpha^2 R_{i+1} + u R_i + i R_{i-1} = 0$$

(Compare Meddel. No 27), we have

$$u_1 R_{ijk} = -\alpha^2 R_{i+1, jk} - i R_{i-1, jk},$$

so that

$$u_1 \varphi_{ijk} = -\alpha^2 \varphi_{i+1, jk} - i \varphi_{i-1, jk}$$

and

$$(96) \quad u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} = -\sum \alpha^2 \frac{\partial A_{ijk}}{\partial x} \varphi_{i+1, jk} - \sum i \frac{\partial A_{ijk}}{\partial x} \varphi_{i-1, jk}.$$

In these formulae we have to assign to i (as well as to j and k) all integer values from 0 to $+\infty$. If in the first term, in the right member, we exchange i for $i' - 1$ and in the second term i for $i'' + 1$, then i' must accept all values from $+1$ to $+\infty$ and i'' all values from 0 to $+\infty$, so that

$$u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} = - \sum \alpha^2 \frac{\partial A_{i'-1, jk}}{\partial x} \varphi_{i'jk} - \sum (i'' + 1) \frac{\partial A_{i''+1, jk}}{\partial x} \varphi_{i'', j, k}.$$

We may however even give to i' the value 0 in the first member, if we only suppose $A_{-1, jk} = 0$. Denoting the current indices still by i , we get

$$(97) \quad u_1 \frac{\partial f_1}{\partial x} = - \sum \alpha^2 \frac{\partial A_{i-1, jk}}{\partial x} \varphi_{ijk} - \sum (i + 1) \frac{\partial A_{i+1, jk}}{\partial x} \varphi_{ijk}.$$

In like manner we get

$$(97^*) \quad v_1 \frac{\partial f_1}{\partial y} = - \sum \alpha^2 \frac{\partial A_{i, j-1, k}}{\partial y} \varphi_{ijk} - \sum (j + 1) \frac{\partial A_{i, j+1, k}}{\partial y} \varphi_{ijk}$$

and

$$(97^{**}) \quad w_1 \frac{\partial f_1}{\partial z} = - \sum \alpha^2 \frac{\partial A_{ij, k-1}}{\partial z} \varphi_{ijk} - \sum (k + 1) \frac{\partial A_{ij, k+1}}{\partial z} \varphi_{ijk}.$$

In all these formulae i, j, k go from 0 to $+\infty$, and all coefficients A_{ijk} with a negative value of any of the indices i, j or k is put $= 0$.

Further is

$$\frac{\partial f_1}{\partial u_1} = \sum A_{ijk} \varphi_{i+1, jk}$$

or

$$(98) \quad \frac{\partial f_1}{\partial u_1} = \sum A_{i-1, jk} \varphi_{ijk},$$

if $A_{-1, jk}$ is put equal to 0.

In like manner we get

$$(99) \quad \begin{aligned} \frac{\partial f_1}{\partial v_1} &= \sum A_{i, j-1, k} \varphi_{ijk} \\ \frac{\partial f_1}{\partial w_1} &= \sum A_{ij, k-1} \varphi_{ijk}. \end{aligned}$$

Equating now the coefficients in the left and the right member of (88) we get finally

$$(100) \quad \begin{aligned} \frac{\partial A_{ijk}}{\partial t} - \alpha^2 \left(\frac{\partial A_{i-1, jk}}{\partial x} + \frac{\partial A_{i, j-1, k}}{\partial y} + \frac{\partial A_{ij, k-1}}{\partial z} \right) \\ - \left((i + 1) \frac{\partial A_{i+1, jk}}{\partial x} + (j + 1) \frac{\partial A_{i, j+1, k}}{\partial y} + (k + 1) \frac{\partial A_{ij, k+1}}{\partial z} \right) \\ + XA_{i-1, jk} + YA_{i, j-1, k} + ZA_{ij, k-1} = \nabla_{ijk} + \square_{ijk}. \end{aligned}$$

I call this equation the *general recurrence formula* in statistical mechanics.

36. Hereby the fundamental equation is, at least formally, integrated as far as the variables u_1, v_1, w_1 are concerned. It remains, however, to integrate (100), i. e. to represent A_{ijk} as a function of t, x, y, z .

In (100) i, j, k accept the values $0, 1, 2, \dots, \infty$. I call attention once more to the condition that such coefficients in (100) as get a negative value of some one of the indices i, j or k are to be put $= 0$.

For $i = j = k = 0$ we get, especially,

$$\frac{\partial A_{000}}{\partial t} - \frac{\partial A_{100}}{\partial x} - \frac{\partial A_{010}}{\partial y} - \frac{\partial A_{001}}{\partial z} = \nabla_{000} + \square_{000},$$

an equation corresponding to the so called continuity equation in hydrodynamics.

Leaving the collision function out of consideration we have next to compute the coefficients ∇_{ijk} .

CHAPTER VI.

Development of the passage function.

37. According to our general formula (86) we have

$$(101) \quad \nabla_{ijk} = \frac{\alpha^{2i+2j+2k}}{[i][j][k]} I_{ijk},$$

where

$$I_{ijk} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} R_{ijk} \nabla(f_1) du_1 dv_1 dw_1,$$

or, if the value of $\nabla(f_1)$ is introduced

$$(102) \quad I_{ijk} = \int R_{ijk} (f_1' f_2' - f_1 f_2) b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 d\psi db,$$

where as usual

$$(103) \quad \begin{aligned} \Delta \varepsilon_1 &= du_1 dv_1 dw_1, \\ \Delta \varepsilon_2 &= du_2 dv_2 dw_2 \end{aligned}$$

and only one sign of integration is used. (The integral is an eightfold integral).

The integral I_{ijk} may be written in a form more convenient for algebraic work.

Using the integral invariant of chapter II we have

$$\begin{aligned} I_{ijk} &= \int R_{ijk}(u_1, v_1, w_1) f_1' f_2' b' \omega' \Delta \varepsilon_1' \Delta \varepsilon_2' d\psi' db' \\ &\quad - \int R_{ijk}(u_1, v_1, w_1) f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 d\psi db. \end{aligned}$$

But if in the first of these integral the current variables are denoted by $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2, b, \psi$ (instead of by u_1', v_1', w_1' etc.) then, according to the theorem Meddel. N:o 69, u_1, v_1, w_1 must be exchanged for u_1', v_1', w_1' , so that

$$(104) \quad I_{ijk} = \int (R_{ijk}' - R_{ijk}) f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 d\psi db,$$

where

$$(104^*) \quad R_{ijk}' = R_{ijk}(u_1', v_1', w_1').$$

The expression for I_{ijk} may be written in such a form that it is symmetrical in u_1 and u_2 .

Let us omit the indices of the function R and write

$$I_{ijk} = \int (R_1' - R_1) f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 d\psi db,$$

where now

$$\begin{aligned} R_1 &= R_{ijk}(u_1, v_1, w_1), \\ R_1' &= R_{ijk}(u_1', v_1', w_1'). \end{aligned}$$

This integral is to be taken over all values of $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$ between $\pm \infty$. If the variables u_1 and u_2 etc. change places, the value of the integral remains unaltered. Hence we may write

$$I_{ijk} = \int (R_2' - R_2) f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 d\psi db$$

and finally

$$(105) \quad I_{ijk} = \frac{1}{2} \int (R_1' + R_2' - R_1 - R_2) f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 d\psi db,$$

which is symmetrical in u_1 and u_2 .

To avoid confusion I write out the values of the four R -functions

$$\begin{aligned} R_1 &= R_{ijk}(u_1, v_1, w_1) \\ R_2 &= R_{ijk}(u_2, v_2, w_2) \\ R_1' &= R_{ijk}(u_1', v_1', w_1') \\ R_2' &= R_{ijk}(u_2', v_2', w_2'). \end{aligned}$$

It is formula (105) that is to be used for computing I_{ijk} (and ∇_{ijk}).

Using the generating function (96), the value of R_{ijk} may be written in the form

$$R_{ijk}(u_1, v_1, w_1) = R_i(u_1) \bar{R}_j(v_1) R_k(w_1).$$

The values of R_i etc. are explicitly given in formula (69).

38. Terms of the order zero.

For $i = j = k = 0$ we get from (105)

$$R_{000}(u_1, v_1, w_1) = R_0(u_1) R_0(v_1) R_0(w_1) = 1$$

so that

$$R_1 = R_2 = R_1' = R_2' = 1$$

and

$$(106) \quad \nabla_{000} = 0.$$

39. Terms of the first order.

We have

$$\begin{aligned} R_{100}(u_1, v_1, w_1) &= R_1(u_1) R_0(v_1) R_0(w_1) \\ &= R_1(u_1) = -u_1' \alpha^2, \end{aligned}$$

so that

$$R_1 = -\frac{u_1}{\alpha^2}, \quad R_2 = -\frac{u_2}{\alpha^2}$$

$$R_1' = -\frac{u_1'}{\alpha^2}, \quad R_2' = -\frac{u_2'}{\alpha^2}$$

and

$$R_1' + R_2' - R_1 - R_2 = -\frac{u_1' + u_2' - u_1 - u_2}{\alpha^2} = 0,$$

because, according to the integral of the centre of gravity for equal masses

$$u_1' + u_2' = u_1 + u_2.$$

We arrive at the same conclusion if the expressions (18) for u_1' and u_2' are used.

Similar relations are obtained for the other components, and we get

$$\nabla_{100} = \nabla_{010} = \nabla_{001} = 0.$$

The development of the passage function contains no terms of a degree lower than the second.

40. Terms of higher order.

For obtaining ∇_{ijk} we have to perform 8 integrations, *viz.* regarding the variables $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2; b, \phi$. Let us first perform the integration regarding ϕ and use the following notations:

Let F be an arbitrary function of the velocities and put

$$(107) \quad [F] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\phi (F_1' + F_2' - F_1 - F_2),$$

where

$$F_1 = F(u_1, v_1, w_1),$$

$$F_2 = F(u_2, v_2, w_2),$$

$$F_1' = F(u_1', v_1', w_1'),$$

$$F_2' = F(u_2', v_2', w_2')$$

then we have

$$(108) \quad \nabla_{ijk} = \frac{\pi \alpha^{2i+2j+2k}}{[i][j][k]} \int [R_{ijk}] f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 db.$$

We get evidently

$$[k] = 0,$$

where k denotes any arbitrary constant, and further

$$(109) \quad [u] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (u_1' + u_2' - u_1 - u_2) d\phi = 0$$

and

$$[v] = 0 = [w].$$

Passing on to terms of a higher order we consider

$$[u^r] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (u_1'^r + u_2'^r - u_1^r - u_2^r) d\phi.$$

According to (18) we have, for $m_1 = m_2$,

$$u_1' = u_1 \sin^2 \vartheta + u_2 \cos^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \left(-\cos \phi \frac{\omega v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \sin \phi \frac{u w}{\sqrt{u^2 + v^2}} \right),$$

$$v_1' = v_1 \sin^2 \vartheta + v_2 \cos^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \left(\cos \phi \frac{\omega u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \sin \phi \frac{v w}{\sqrt{u^2 + v^2}} \right),$$

$$w_1' = w_1 \sin^2 \vartheta + w_2 \cos^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \left(-\sin \phi \sqrt{u^2 + v^2} \right)$$

and

$$u_2' = u_1 \cos^2 \vartheta + u_2 \sin^2 \vartheta + \cos \vartheta \sin \vartheta \left(-\cos \phi \frac{\omega v}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \sin \phi \frac{u w}{\sqrt{u^2 + v^2}} \right),$$

etc.

Putting

$$(110) \quad \begin{aligned} \frac{\omega v}{\sqrt{u^2 + v^2}} &= k_1 \cos L_1, & \frac{u w}{\sqrt{u^2 + v^2}} &= k_1 \sin L_1; \\ -\frac{\omega u}{\sqrt{u^2 + v^2}} &= k_2 \cos L_2, & \frac{v w}{\sqrt{u^2 + v^2}} &= k_2 \sin L_2, \end{aligned}$$

so that

$$k_1 = \sqrt{v^2 + w^2},$$

$$k_2 = \sqrt{w^2 + u^2},$$

$$u_1' = u_1 \sin^2 \vartheta + u_2 \cos^2 \vartheta + \cos \vartheta \sin \vartheta \sqrt{v^2 + w^2} \cos(\phi + L_1),$$

$$v_1' = v_1 \sin^2 \vartheta + v_2 \cos^2 \vartheta + \cos \vartheta \sin \vartheta \sqrt{w^2 + u^2} \cos(\phi + L_2),$$

$$w_1' = w_1 \sin^2 \vartheta + w_2 \cos^2 \vartheta + \cos \vartheta \sin \vartheta \sqrt{u^2 + v^2} \cos(\phi + L_3),$$

and

$$u_2' = u_1 \cos^2 \vartheta + u_2 \sin^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \sqrt{v^2 + w^2} \cos(\phi + L_1),$$

$$v_2' = v_1 \cos^2 \vartheta + v_2 \sin^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \sqrt{w^2 + u^2} \cos(\phi + L_2),$$

$$w_2' = w_1 \cos^2 \vartheta + w_2 \sin^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \sqrt{u^2 + v^2} \cos(\phi + L_3),$$

where $L_3 = 270^\circ$. It is not necessary to write down the values of L_1 and L_2 .

We now get

$$\begin{aligned} u_1'^r &= (u_1 \sin^2 \vartheta + u_2 \cos^2 \vartheta)^r + \\ &+ \binom{r}{1} (u_1 \sin^2 \vartheta + u_2 \cos^2 \vartheta)^{r-1} (v^2 + w^2)^{1/2} \cos \vartheta \sin \vartheta \cos(\phi + L_1) + \\ &+ \binom{r}{2} (u_1 \sin^2 \vartheta + u_2 \cos^2 \vartheta)^{r-2} (v^2 + w^2)^{3/2} \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta \cos^2(\phi + L_1) + \\ &+ \binom{r}{3} (u_1 \sin^2 \vartheta + u_2 \cos^2 \vartheta)^{r-3} (v^2 + w^2)^{5/2} \cos^3 \vartheta \sin^3 \vartheta \cos^3(\phi + L_1) + \\ &+ \dots \end{aligned}$$

Multiplying by $d\psi$ and integrating, all odd powers of $\cos(\psi + L_1)$ vanish. To obtain the value of the even powers we observe that

$$\begin{aligned}\cos^{2p}\psi &= \frac{1}{2^{2p}} \left(e^{i\psi} + e^{-i\psi} \right)^{2p} \\ &= \frac{1}{2^{2p}} \left(e^{2pi\psi} + \binom{2p}{1} e^{(2p-2)i\psi} + \binom{2p}{2} e^{(2p-4)i\psi} + \dots + \binom{2p}{s} e^{(2p-2s)i\psi} + \dots \right).\end{aligned}$$

If this series is multiplied by $d\psi$ and integrated, we find that all terms vanish except the one for which

$$2p - 2s = 0 \quad \therefore s = p,$$

so that

$$(111) \quad \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\psi \cos^{2p}\psi = \frac{1}{2^{2p}} \binom{2p}{p}.$$

We thus obtain

$$\begin{aligned}\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_1'^r d\psi &= (u_1 \sin^2\vartheta + u_2 \cos^2\vartheta)^r + \\ &+ \binom{r}{2} \binom{2}{1} \frac{1}{2^2} (v^2 + w^2) \cos^2\vartheta \sin^2\vartheta (u_1 \sin^2\vartheta + u_2 \cos^2\vartheta)^{r-2} + \\ &+ \binom{r}{4} \binom{4}{2} \frac{1}{2^4} (v^2 + w^2)^2 \cos^4\vartheta \sin^4\vartheta (u_1 \sin^2\vartheta + u_2 \cos^2\vartheta)^{r-4} + \\ &+ \binom{r}{6} \binom{6}{3} \frac{1}{2^6} (v^2 + w^2)^3 \cos^6\vartheta \sin^6\vartheta (u_1 \sin^2\vartheta + u_2 \cos^2\vartheta)^{r-6} + \\ &+ \dots\end{aligned}$$

For $u_2'^r$ a similar expression is obtained where only $\sin\vartheta$ and $\cos\vartheta$ change places. In this manner we get

$$\begin{aligned}(112) \quad [u^r] &= (u_1 \sin^2\vartheta + u_2 \cos^2\vartheta)^r + (u_1 \cos^2\vartheta + u_2 \sin^2\vartheta)^r - u_1^r - u_2^r + \\ &+ \binom{r}{2} \binom{2}{1} \frac{1}{2^2} (v^2 + w^2) \cos^2\vartheta \sin^2\vartheta ((u_1 \sin^2\vartheta + u_2 \cos^2\vartheta)^{r-2} + (u_1 \cos^2\vartheta + u_2 \sin^2\vartheta)^{r-2}) + \\ &+ \dots\end{aligned}$$

We infer from this formula that $[u^r]$ is a homogeneous polynome in u_1 and u_2 of the degree r .

41. For $r=2$ and $r=3$ we get after some simple reductions

$$\begin{aligned}(113) \quad [u^2] &= \cos^2\vartheta \sin^2\vartheta (-3u^2 + \omega^2), \\ [v^2] &= \cos^2\vartheta \sin^2\vartheta (-3v^2 + \omega^2), \\ [w^2] &= \cos^2\vartheta \sin^2\vartheta (-3w^2 + \omega^2),\end{aligned}$$

and

$$(114) \quad \begin{aligned} [u^3] &= \frac{3}{2} \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta (u_1 + u_2) (-3u^2 + \omega^2), \\ [v^3] &= \frac{3}{2} \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta (v_1 + v_2) (-3v^2 + \omega^2), \\ [w^3] &= \frac{3}{2} \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta (w_1 + w_2) (-3w^2 + \omega^2), \end{aligned}$$

where in the right member the relative velocities ($u = u_2 - u_1$ etc.) are introduced.

$$[\mathbf{v} \mathbf{w}].$$

We have

$$[vw] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (v_1' w_1' + v_2' w_2' - v_1 w_1 - v_2 w_2) d\psi.$$

In computing $v_1' w_1'$ we make use of the formulae (18), so that

$$\begin{aligned} v_1' w_1' &= \left\{ v_1 \sin^2 \vartheta + v_2 \cos^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta \left(\cos \psi \frac{\omega u}{\sqrt{u^2 + v^2}} + \sin \psi \frac{v w}{\sqrt{u^2 + v^2}} \right) \right\} \times \\ &\quad \times \{ w_1 \sin^2 \vartheta + w_2 \cos^2 \vartheta - \cos \vartheta \sin \vartheta (\quad - \sin \psi \sqrt{u^2 + v^2}) \}. \end{aligned}$$

Observing that

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 \psi d\psi = \frac{1}{2},$$

we get

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_1' w_1' d\psi = (v_1 \sin^2 \vartheta + v_2 \cos^2 \vartheta) (w_1 \sin^2 \vartheta + w_2 \cos^2 \vartheta) - \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta \frac{vw}{2}$$

and in like manner

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v_2' w_2' d\psi = (v_1 \cos^2 \vartheta + v_2 \sin^2 \vartheta) (w_1 \cos^2 \vartheta + w_2 \sin^2 \vartheta) - \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta \frac{vw}{2}.$$

Using these formulae we get

$$\begin{aligned} [vw] &= v_1 w_1 (\sin^4 \vartheta + \cos^4 \vartheta) + v_2 w_2 (\sin^4 \vartheta + \cos^4 \vartheta) \\ &\quad + 2 \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta (v_1 w_2 + v_2 w_1) - \cos^2 \vartheta \sin^2 \vartheta vw \\ &\quad - v_1 w_1 - v_2 w_2, \end{aligned}$$

or multiplying the last terms by $(\cos^2 \vartheta + \sin^2 \vartheta)^2 = 1$.

$$\begin{aligned} [vw] &= 2 \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta (v_1 w_2 + v_2 w_1 - v_1 w_1 - v_2 w_2) \\ &\quad - \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta vw \\ &= -3 \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta vw. \end{aligned}$$

Permutating we get the three relations

$$(115) \quad \begin{aligned} [vw] &= -3 \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta vw, \\ [wu] &= -3 \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta wu, \\ [uv] &= -3 \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta uv, \end{aligned}$$

42. Integration regarding b .

The expression (111) for ∇_{ijk} may be written in the form

$$(116) \quad \nabla_{ijk} = \frac{\pi(-\alpha)^{i+j+k}}{[i][j][k]} \int [S_{ijk}] f_1 f_2 b \omega \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2 db,$$

if S_{ijk} is introduced instead of R_{ijk} .

We consider especially the coefficient ∇_{200} which (together with ∇_{020} and ∇_{002}) is of particular interest in statistical mechanics.

We have

$$S_{200}^{(1)} = \frac{u_1^2}{\alpha^2} - 1$$

and

$$[S_{200}] = \frac{[u^2]}{\alpha^2} - [1] = \frac{[u^2]}{\alpha^2},$$

so that, according to (113),

$$[S_{200}] = \frac{1}{\alpha^2} \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta (-2u^2 + v^2 + w^2).$$

In the integration regarding b the values of $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2, w_2$ are to be kept constant, whereas ϑ is dependent on b . Hence we have to consider the integral

$$(117) \quad I = \int \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta b \omega db$$

(the quantity ω is here brought within the sign of integration though independent of b). Having evaluated this integral we get

$$(118) \quad \nabla_{200} = \frac{\pi}{2} \int (-2u^2 + v^2 + w^2) I f_1 f_2 \Delta \varepsilon_1 \Delta \varepsilon_2.$$

It may be observed that in all developments hitherto made the law of NEWTON is taken into account only at one point, namely for deducing the relation $\omega = \omega'$. This relation, however, holds good as soon as the potential of the forces vanishes at infinite distance. It is valid for elastic bodies as well as for the repulsion law of MAXWELL used in the kinetic theory of the gases. We hence conclude that *all developments hitherto made hold true unaltered for all such laws of attraction or repulsion*. It is at the integration regarding b that a difference first occurs for different laws. Here this difference takes place at the evaluation of the integral I .

It happens for that of MAXWELL adopted law ($1:r^5$) that I is reduced to a numerical constant. It is hence especially independent of ω . Through that circumstance the whole problem is considerably simplified as is shown at the integration of (118). There is no doubt that this simplification has been a contributive reason why MAXWELL has supposed that the molecules of a gas repel each other inversely as the 5:th power of the distance. Another advantage of this law is that the limits of the integral I may be assigned as (0 and) ∞ , which, as we shall find, is not allowable for the law of NEWTON.

Writing explicitly the limits we have

$$(119) \quad I = \int_d^D \sin^2 \vartheta \cos^2 \vartheta \, b \omega \, db$$

where d = the least distance for a passage and D = half the mean distance of the stars.

The relation between b and ϑ (assuming the law of NEWTON) was, according to (12),

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{b \omega^2}{\sqrt{K}}, \quad \sqrt{K} = k^2(m_1 + m_2),$$

which gives

$$\cos^2 \vartheta = \frac{1}{1 + \frac{b^2 \omega^4}{K}}, \quad \sin^2 \vartheta = \frac{b^2 \omega^4 / K}{1 + \frac{b^2 \omega^4}{K}};$$

so that

$$(120) \quad I = K \int_d^D \frac{b^3 \omega^5 \, db}{(K + b^2 \omega^4)^2}.$$

For performing this integral we put

$$b^2 \omega^4 = t$$

and get

$$I = \frac{K}{2\omega^3} \int_{d^2 \omega^4}^{D^2 \omega^4} \frac{t \, dt}{(K + t)^2}$$

or

$$(121) \quad I = \frac{K}{2\omega^3} \left\{ \log \frac{K + D^2 \omega^4}{K + d^2 \omega^4} - K \frac{(D^2 - d^2) \omega^4}{(K + d^2 \omega^4)(K + D^2 \omega^4)} \right\}.$$

We observe that I is not infinite for $\omega = 0$. Developing into powers of ω , or directly from (120), we find that, for small ω , I is proportional to ω^5 .

It is not permissible to put $D = \infty$. The first term in (121) then is, indeed, infinite whereas the second term accepts a finite value.

We may, however, without inconvenience, and without altering materially the value of the integral, put $d = 0$.

For $d = 0$ I takes the form

$$(122) \quad I = \frac{K}{2\omega^3} \left\{ \log \left(1 + \frac{D^2 \omega^4}{K} \right) - \frac{D^2 \omega^4}{K + D^2 \omega^4} \right\}$$

or, putting for a moment,

$$x = K : D^2 \omega^4$$

$$(123) \quad \begin{aligned} I &= \frac{1}{2} \omega D^2 x \left\{ \log \frac{1+x}{x} - \frac{1}{1+x} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \omega D^2 h(x). \end{aligned}$$

Calculating the numerical values of $h(x)$ we obtain the following table:

| x | $h(x)$ | x | $h(x)$ |
|------|----------|------|----------|
| 0.01 | + 0.0362 | 0.6 | + 0.2135 |
| 0.1 | + 0.1489 | 0.7 | + 0.2093 |
| 0.2 | + 0.1717 | 0.8 | + 0.2044 |
| 0.3 | + 0.2091 | 0.9 | + 0.1988 |
| 0.4 | + 0.2154 | 1.0 | + 0.1931 |
| 0.5 | + 0.2161 | 2.0 | + 0.1443 |
| | | 10.0 | + 0.044 |

whence it follows that $h(x)$ has a maximum value for $x = 0.5$ (appr.) and is 0 for $x = 0$ and $x = +\infty$.

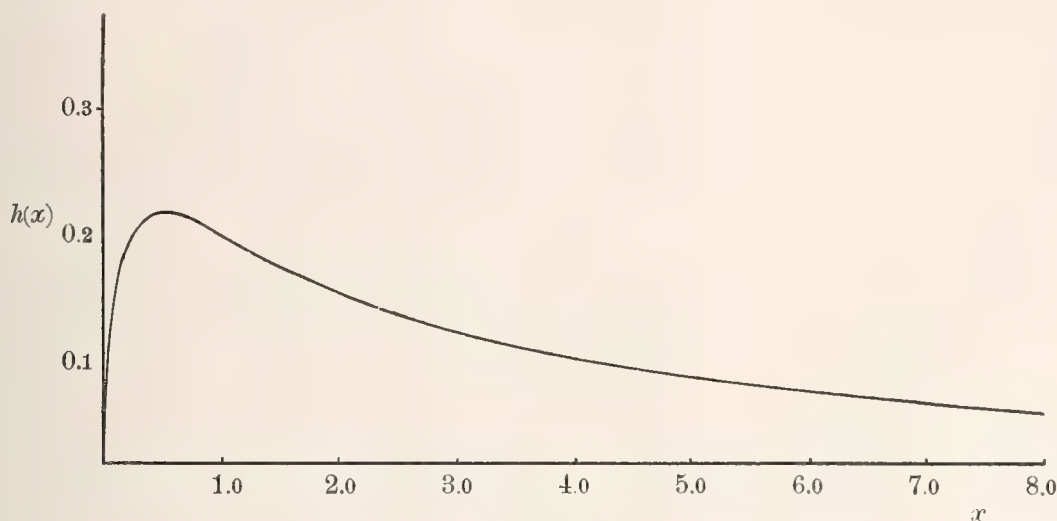


Fig. 6.

43. Integration regarding the velocities.

We consider the equation

$$(124) \quad \nabla_{200} = \frac{\pi}{2} \int (-2u^2 + v^2 + w^2) I f_1 f_2 d\varepsilon_1 d\varepsilon_2.$$

The integration is to be performed over all values of the absolute coordinates $u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2$. We remark that u, v, w , are the relative velocities ($u = u_2 - u_1$, etc.) and that I is dependent on $\omega = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$. For executing the integration we make a change of variables. It would be possible to use the variables of § 25 but we prefer to put

$$(125) \quad \begin{aligned} u_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (U_1 - U_2), & u_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (U_1 + U_2), \\ v_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (V_1 - V_2), & v_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (V_1 + V_2), \\ w_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (W_1 - W_2), & w_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (W_1 + W_2). \end{aligned}$$

Inversely we have

$$(125^*) \quad \begin{aligned} U_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(u_1 + u_2), & U_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(-u_1 + u_2), \\ V_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(v_1 + v_2), & V_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(-v_1 + v_2), \\ W_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(w_1 + w_2), & W_2 &= \frac{1}{\sqrt{2}}(-w_1 + w_2), \end{aligned}$$

so that

$$(126) \quad \omega = \sqrt{2} \sqrt{U_2^2 + V_2^2 + W_2^2} = \sqrt{2} \Omega_2.$$

The *Iacobiana* being = 1, we have

$$A\varepsilon_1 A\varepsilon_2 = dU_1 dV_1 dW_1 dU_2 dV_2 dW_2.$$

As furthermore

$$u_1^2 + u_2^2 = U_1^2 + U_2^2$$

so is

$$\frac{u_1^2 + v_1^2 + w_1^2 + u_2^2 + v_2^2 + w_2^2}{2\alpha^2} = \frac{U_1^2 + V_1^2 + W_1^2 + U_2^2 + V_2^2 + W_2^2}{2\alpha^2}$$

and we get

$$(127) \quad \nabla_{200} = \pi \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (-2U_2^2 + V_2^2 + W_2^2) I f_1 f_2 dU_1 dV_1 dW_1 dU_2 dV_2 dW_2,$$

where I depends only on Ω_2 .

For performing the integration polar coordinates are introduced. Let us however first consider the development of $f_1 f_2$.

44. Development of $f_1 f_2$.

We have supposed that f_1 may be represented as an A -series having the generating function

$$(128) \quad \varphi^{(1)} = \frac{1}{\alpha^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{u_1^2 + v_1^2 + w_1^2}{2\alpha^2}} = \varphi(u_1) \varphi(v_1) \varphi(w_1),$$

so that

$$(129) \quad f_1 = \sum A_{ijk} \varphi_{ijk}^{(1)},$$

where

$$\varphi_{ijk}^{(1)} = \frac{\partial^{i+j+k} \varphi^{(1)}}{\partial u_1^i \partial v_1^j \partial w_1^k} = \frac{\partial^i \varphi(u_1)}{\partial u_1^i} \frac{\partial^j \varphi(v_1)}{\partial v_1^j} \frac{\partial^k \varphi(w_1)}{\partial w_1^k}.$$

In like manner we have

$$f_2 = \sum A_{ijk} \varphi_{ijk}^{(2)},$$

where

$$\varphi_{ijk}^{(2)} = \varphi(u_2) \varphi(v_2) \varphi(w_2).$$

Consequently

$$f_1 f_2 = \sum A_{i_1 j_1 k_1} A_{i_2 j_2 k_2} \varphi_{i_1 j_1 k_1}^{(1)} \varphi_{i_2 j_2 k_2}^{(2)}$$

where

$$\begin{aligned} \varphi_{i_1 j_1 k_1}^{(1)} \varphi_{i_2 j_2 k_2}^{(2)} &= \frac{\partial^{i_1} \varphi(u_1)}{\partial u_1^{i_1}} \frac{\partial^{j_1} \varphi(v_1)}{\partial v_1^{j_1}} \frac{\partial^{k_1} \varphi(w_1)}{\partial w_1^{k_1}} \frac{\partial^{i_2} \varphi(u_2)}{\partial u_2^{i_2}} \frac{\partial^{j_2} \varphi(v_2)}{\partial v_2^{j_2}} \frac{\partial^{k_2} \varphi(w_2)}{\partial w_2^{k_2}} = \\ &= \frac{\partial^{i_1+j_1+k_1+i_2+j_2+k_2} \varphi}{\partial u_1^{i_1} \partial v_1^{j_1} \partial w_1^{k_1} \partial u_2^{i_2} \partial v_2^{j_2} \partial w_2^{k_2}} = \varphi_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} \end{aligned}$$

where

$$(130) \quad \varphi = \frac{1}{\alpha^6 (2\pi)^3} e^{-\frac{1}{2\alpha^2} (u_1^2 + v_1^2 + w_1^2 + u_2^2 + v_2^2 + w_2^2)},$$

so that

$$(130^*) \quad f_1 f_2 = \sum A_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} \varphi_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2},$$

and

$$(131) \quad A_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} = A_{i_1 j_1 k_1} A_{i_2 j_2 k_2}.$$

The product $f_1 f_2$ is thus represented as an A -series having the generating factor φ .

Making the change of variables from u_1, v_1 , etc. to U_1, V_1 , etc., the product $f_1 f_2$ becomes a function of the new variables U_1, V_1 , etc. Using the generating function

$$(132) \quad \Phi = \frac{1}{\alpha^6 (2\pi)^3} e^{-\frac{1}{2\alpha^2} (U_1^2 + V_1^2 + W_1^2 + U_2^2 + V_2^2 + W_2^2)}$$

we now get

$$(132^*) \quad f_1 f_2 = \sum B_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} \Phi_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2}.$$

Our next task is to give the relations between the B 's and the A 's.

Substituting the expression above for $f_1 f_2$ into (127), and observing that I is only dependent on U_2, V_2, W_2 , we find that the integration respecting U_1, V_1, W_1 may be immediately performed.

It is, however,

$$\int \Phi_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} dU_1 dV_1 dW_1 = 0$$

as soon as *any one* of the indices i_1, j_1 or k_1 is different from zero, because of the fact that the functions $\varphi(U_1), \varphi(V_1), \varphi(W_1)$ as well as all their differential coefficients vanish for U_1 (or V_1 , or W_1) $= \pm \infty$. Consequently we have to consider only terms in (132*) for which

$$i_1 = j_1 = k_1 = 0.$$

In order to express the B 's by the A 's we start from the formula

$$(133) \quad \varphi(u_1, v_1, w_1; u_2, v_2, w_2) = \Phi(U_1, V_1, W_1; U_2, V_2, W_2)$$

which we derive regarding the different variables.

We get for instance

$$\frac{\partial \varphi}{\partial u_1} = \frac{\partial \Phi}{\partial U_1} \frac{\partial U_1}{\partial u_1} + \frac{\partial \Phi}{\partial U_2} \frac{\partial U_2}{\partial u_1}$$

or, according to (125),

$$\varphi_{100\ 000} = \frac{\partial \varphi}{\partial u_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial U_1} - \frac{\partial \Phi}{\partial U_2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\Phi_{100\ 000} - \Phi_{000\ 100}),$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial v_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial V_1} - \frac{\partial \Phi}{\partial V_2} \right),$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial w_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial W_1} - \frac{\partial \Phi}{\partial W_2} \right),$$

and similarly

$$\varphi_{000\ 100} = \frac{\partial \varphi}{\partial u_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial U_1} + \frac{\partial \Phi}{\partial U_2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\Phi_{100\ 000} + \Phi_{000\ 100}),$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial v_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial V_1} + \frac{\partial \Phi}{\partial V_2} \right),$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial w_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial W_1} + \frac{\partial \Phi}{\partial W_2} \right).$$

Passing on to the differential coefficients of the second order we get:

$$\begin{aligned} \varphi_{200\ 000} &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u_1^2} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1^2} - 2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1 \partial U_2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_2^2} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial U_1} - \frac{\partial}{\partial U_2} \right)^2 \Phi = \\ &= \frac{1}{2} (\Phi_{200\ 000} - 2\Phi_{100\ 100} + \Phi_{000\ 200}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{100\ 100} &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u_1 \partial u_2} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1 \partial U_2} - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1 \partial U_2} - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_2^2} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial U_1} - \frac{\partial}{\partial U_2} \right) \left(\frac{\partial}{\partial U_1} + \frac{\partial}{\partial U_2} \right) \Phi = \\ &= \frac{1}{2} (\Phi_{200\ 000} - \Phi_{000\ 200}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{110\ 000} &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u_1 \partial v_1} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1 \partial V_1} - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_1 \partial V_2} - \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_2 \partial V_1} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial U_2 \partial V_2} \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial U_1} - \frac{\partial}{\partial U_2} \right) \left(\frac{\partial}{\partial V_1} - \frac{\partial}{\partial V_2} \right) \Phi = \\ &= \frac{1}{2} (\Phi_{110\ 000} - \Phi_{100\ 010} - \Phi_{010\ 100} + \Phi_{000\ 110}), \end{aligned}$$

and generally

$$(134) \quad \varphi_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^{i_1+j_1+k_1+i_2+j_2+k_2} \left(\frac{\partial}{\partial U_1} - \frac{\partial}{\partial U_2} \right)^{i_1} \left(\frac{\partial}{\partial V_1} - \frac{\partial}{\partial V_2} \right)^{j_1} \left(\frac{\partial}{\partial W_1} - \frac{\partial}{\partial W_2} \right)^{k_1} \times \\ \times \left(\frac{\partial}{\partial U_1} + \frac{\partial}{\partial U_2} \right)^{i_2} \left(\frac{\partial}{\partial V_1} + \frac{\partial}{\partial V_2} \right)^{j_2} \left(\frac{\partial}{\partial W_1} + \frac{\partial}{\partial W_2} \right)^{k_2} \Phi.$$

Multiplying these relations by the corresponding A -coefficient we obtain the required expressions for the B -coefficients, whereby it is to be observed that

$$A_{i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2} = A_{i_1 j_1 k_1} A_{i_2 j_2 k_2}.$$

Order zero.

$$B_{000\ 000} = A_{000\ 000} = A_{000}^2.$$

1st Order.

$$(135) \quad B_{100\ 000} = \frac{1}{\sqrt{2}} (A_{100\ 000} + A_{000\ 100}) = \\ = \sqrt{2} A_{000} A_{100}, \\ B_{010\ 000} = \sqrt{2} A_{000} A_{010}, \\ B_{001\ 000} = \sqrt{2} A_{000} A_{001}, \\ B_{000\ 100} = B_{000\ 010} = B_{000\ 001} = 0.$$

2^d Order.

$$(136) \quad B_{200\ 000} = \frac{1}{2} (A_{200\ 000} + A_{000\ 200} + A_{100\ 100}) = \\ = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{200} + A_{100}^2), \\ B_{020\ 000} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{020} + A_{010}^2), \\ B_{002\ 000} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{002} + A_{001}^2). \\ \hline B_{000\ 200} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{200} - A_{100}^2), \\ B_{000\ 020} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{020} - A_{010}^2), \\ B_{000\ 002} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{002} - A_{001}^2). \\ \hline B_{110\ 000} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{110} + 2A_{100} A_{010}), \\ B_{101\ 000} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{101} + 2A_{100} A_{001}), \\ B_{011\ 000} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{011} + 2A_{010} A_{001}). \\ \hline B_{000\ 110} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{110} - 2A_{100} A_{010}), \\ B_{000\ 101} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{101} - 2A_{100} A_{001}), \\ B_{000\ 011} = \frac{1}{2} (2A_{000} A_{011} - 2A_{010} A_{001}). \\ \hline$$

WICKSELL has given a general symbolical expression for the B -coefficients of any arbitrary order, which, however, is not reproduced here, as in this memoir I do not carry the development farther than to the second order.

Substituting the series for $f_1 f_2$ in (127) and integrating regarding U_1, V_1, W_1 we obtain

$$(137) \quad \nabla_{200} = \pi \sum B_{000\ i_2 j_2 k_2} \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-2U_2^2 + V_2^2 + W_2^2) I \Phi_{000\ i_2 j_2 k_2} dU_2 dV_2 dW_2.$$

The three-fold integral has for every $i_2 j_2 k_2$ a certain numerical value, which we denote by $a_{i_2 j_2 k_2}$, so that

$$(138) \quad a_{ijk} = \iiint (-2U^2 + V^2 + W^2) I \Phi_{ijk} dU dV dW$$

and then is

$$(139) \quad \nabla_{200} = \pi \sum B_{000\ ijk} a_{ijk}.$$

45. Computation of a_{ijk} .

We demonstrate the following propositions:

- 1) the coefficient a_{000} vanishes;
- 2) all a_{ijk} of odd order (= for which $i + j + k = \text{odd number}$) vanish.

Let us first suppose that I is a constant as is the case accepting the repulsion law of MAXWELL. Then we have (indices are omitted):

$$(140) \quad a_{ijk} = I \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-2U^2 + V^2 + W^2) \Phi_{ijk} dU dV dW.$$

We now use a theorem from the general theory of the A -series in § 34. Let F be any function developed in an A -series having the generating function Φ , so that

$$(141) \quad F = \sum b_{ijk} \Phi_{ijk},$$

so is

$$(142) \quad b_{ijk} = \frac{\alpha^{2i+2j+2k}}{[i][j][k]} \iiint R_{ijk} F dU dV dW,$$

where R_{ijk} are the polynomes of HERMITE.

Putting $F = \Phi_{ijk}$, we derive that the expression

$$\frac{\alpha^{2i+2j+2k}}{[i][j][k]} \iiint R_{i'j'k'} F dU dV dW$$

has the value 1, if

$$i' = i, j' = j, k' = k,$$

but the value zero if *not all* these equalities are satisfied.

But according to (72) is

$$\frac{U^2}{\alpha^2} - 1 = S_{200} = \alpha^2 R_{200},$$

or

$$\begin{aligned} U^2 &= \alpha^2 + \alpha^4 R_{200}, \\ V^2 &= \alpha^2 + \alpha^4 R_{020}, \\ W^2 &= \alpha^2 + \alpha^4 R_{002}, \end{aligned}$$

which values, substituted in (140), give

$$(143) \quad a_{ijk} = I \alpha^4 \iiint (-2R_{200} + R_{020} + R_{002}) \Phi_{ijk} dU dV dW.$$

From the general theorem given above we gather that

$$(144) \quad \begin{aligned} a_{200} &= -4I, \\ a_{020} &= +2I, \\ a_{002} &= +2I, \end{aligned}$$

and that all other coefficients a_{ijk} vanish.

Consequently we have in this case rigorously:

$$(145) \quad \nabla_{200} = \pi I (-4B_{000\ 200} + 2B_{000\ 020} + 2B_{000\ 002}),$$

where only the expression (136) for the B -coefficients are to be substituted, to complete the computation of ∇_{200} .

46. If the law of NEWTON is valid, the circumstances are more complicated. The quantity I is now no longer a constant. We know, however, that it depends only on $\Omega_2 = \sqrt{U_2^2 + V_2^2 + W_2^2}$.

To avoid the many indices we write

$$a_{ijk} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-2U^2 + V^2 + W^2) I(\Omega) \Phi_{ijk} dU dV dW,$$

with

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{1}{\alpha^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{U^2 + V^2 + W^2}{2\alpha^2}} = \\ &= \varphi(U) \varphi(V) \varphi(W), \\ \Omega &= \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}. \end{aligned}$$

Consider first a_{000} . I propose to show that this coefficient vanishes. We have

$$a_{000} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-2U^2 + V^2 + W^2) I(\Omega) \Phi dU dV dW.$$

But we evidently have:

$$\begin{aligned} \iiint U^2 I(\Omega) \Phi dU dV dW &= \iiint V^2 I(\Omega) \Phi dU dV dW = \\ &= \iiint W^2 I(\Omega) \Phi dU dV dW = \\ &= \frac{1}{3} \iiint \Omega^2 I(\Omega) \Phi dU dV dW. \end{aligned}$$

This is, indeed, obvious from symmetry, and can be directly shown in the following manner. Put

$$\begin{aligned} U &= \Omega \cos B \cos A, \\ V &= \Omega \cos B \sin A, \\ W &= \Omega \sin B, \end{aligned}$$

so that

$$dU dV dW = \Omega^2 \cos B d\Omega dB dA,$$

and the new variables have the following limits

$$\begin{aligned} \Omega &\text{ from } 0 \text{ to } \infty, \\ B &\text{ » } -\frac{\pi}{2} \text{ » } +\frac{\pi}{2}, \\ A &\text{ » } 0 \text{ » } 2\pi. \end{aligned}$$

We now have

$$U^2 = \Omega^2 \cos^2 B \cos^2 A = \frac{1}{4} \Omega^2 (1 + \cos 2B) (1 + \cos 2A)$$

and

$$\begin{aligned} \iint U^2 dB dA \cos B &= \frac{1}{8} \Omega^2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} (3 \cos B + \cos 3B) dB \int_0^{2\pi} (1 + \cos 2A) dA \\ &= \frac{4\pi}{3} \Omega^2 \end{aligned}$$

so that

$$\iiint U^2 I(\Omega) \Phi dU dV dW = \frac{4\pi}{3} \int d\Omega \Omega^4 I(\Omega) \Phi.$$

But

$$\iiint \Omega^2 I(\Omega) \Phi \Omega^2 \cos B dB dA d\Omega = 4\pi \int d\Omega \Omega^4 I(\Omega) \Phi,$$

which gives $a_{000} = 0$, as we have

$$-2U^2 + V^2 + W^2 = -3U^2 + \Omega^2.$$

Let us now consider an integral of the form

$$\int U^i V^j W^k \Phi I(\Omega) dU dV dW$$

where $i + j + k = \text{odd number}$.

Introducing polar coordinates we get

$$\begin{aligned} &\int \Omega^{i+j+k+2} \Phi I d\Omega \int (\cos B)^{i+j+1} \sin^k B \cos^i A \sin^j A dB dA = \\ &= \int_0^\infty \Omega^{i+j+k+2} \Phi I d\Omega \times \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} (\cos B)^{i+j+1} \sin^k B dB \times \int_0^{2\pi} \cos^i A \sin^j A dA. \end{aligned}$$

Suppose first k to be an *odd* number, then, according to our assumption, $i + j$ is an *even* number. Then we have

$$\begin{aligned}\cos^{i+j+1} B &= A_1 \cos B + A_3 \cos 3B + A_5 \cos 5B + \dots \\ \sin^k B &= B_1 \sin B + B_3 \sin 3B + B_5 \sin 5B + \dots\end{aligned}$$

and the product has the form

$$C_2 \sin 2B + C_4 \sin 4B + \dots$$

which integrated between $\pm \frac{\pi}{2}$ gives the value zero.

Suppose next k to be an even number and hence $i + j$ an odd number and consider the integral

$$\int_0^{2\pi} \cos^i A \sin^j A \, dA$$

where now $i + j$ is odd

1) i an *even* number:

$$\begin{aligned}\cos^i A &= A_0 + A_2 \cos 2A + A_4 \cos 4A + \dots \\ \sin^j A &= B_1 \sin A + B_3 \sin 3A + B_5 \sin 5A \dots,\end{aligned}$$

the product is a sinus-series, the integral vanishes.

2) i an *odd* number:

even here does the integral evidently vanish.

We have hence found that integrals of the form:

$$\int U^i U^j W^k \Phi \, dU \, dV \, dW$$

vanish as soon as $i + j + k$ is an odd number.

But Φ_{ijk} is a sum of terms of the form

$$U^{i'} V^{j'} W^{k'} \Phi$$

where $i' + j' + k'$ is an odd number simultaneously with $i + j + k$.

Consequently it follows that

$$a_{ijk} = 0$$

as soon as $i + j + k$ is an odd number.

Let us next consider the coefficient

$$a_{200}.$$

We have

$$\begin{aligned}\Phi_{200} &= R_{200} \Phi = \\ &= \frac{1}{\alpha^2} \left(\frac{U^2}{\alpha^2} - 1 \right) \Phi,\end{aligned}$$

so that

$$\begin{aligned}
 a_{200} &= \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-2U^2 + V^2 + W^2) I \frac{1}{\alpha^2} \left(\frac{U^2}{\alpha^2} - 1 \right) \Phi dU dV dW \\
 &= \frac{1}{\alpha^4} \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-2U^2 + V^2 + W^2) I U^2 \Phi dU dV dW,
 \end{aligned}$$

as the remaining part of the integral vanishes.

We may write this equality more conveniently in the form

$$\alpha^4 a_{200} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} (-3U^2 + \Omega^2) I U^2 \Phi dU dV dW,$$

or, if polar coordinates are introduced,

$$\alpha^4 a_{200} = \iiint (-3 \cos^2 B \cos^2 A + 1) \cos^3 B \cos^2 A \Omega^6 I \Phi d\Omega dB dA.$$

We have here to evaluate integrals of the form

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^{2i+1} B dB \quad \text{and} \quad \int_0^{2\pi} \cos^{2i} A dA.$$

But

$$\cos^2 A = \frac{1}{2} (1 + \cos 2A),$$

$$\cos^4 A = \frac{1}{8} (3 + 4 \cos 2A + \cos 4A),$$

and

$$\cos^3 B = \frac{1}{4} (3 \cos B + \cos 3B),$$

$$\cos^5 B = \frac{1}{16} (10 \cos B + 5 \cos 3B + \cos 5B),$$

so that

$$\int_0^{2\pi} \cos^2 A dA = \pi,$$

$$\int_0^{2\pi} \cos^4 A dA = \frac{3\pi}{4},$$

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^3 B dB = \frac{4}{3},$$

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^5 B dB = \frac{16}{15},$$

and

$$(146) \quad \alpha^4 a_{200} = -\frac{16}{15} \pi \int_0^\infty d\Omega \Omega^6 I \Phi.$$

In like manner we get

$$\alpha^4 a_{020} = \frac{8\pi}{15} \int_0^\infty d\Omega \Omega^6 I \Phi$$

and

$$\alpha^4 a_{002} = \frac{8\pi}{15} \int_0^\infty d\Omega \Omega^6 I \Phi.$$

Using the notation

$$(147) \quad T = \frac{8\pi}{15} \int_0^\infty d\Omega \Omega^6 I \Phi$$

we now have:

$$(148) \quad \begin{aligned} \alpha^4 a_{200} &= -2T, \\ \alpha^4 a_{020} &= T, \\ \alpha^4 a_{002} &= T. \end{aligned}$$

If in the expression (137) for ∇_{200} only terms of the second order are considered (terms of the third order as well as those of the first and the second order vanish), so is obtained

$$(149) \quad \nabla_{200} = \frac{T}{\alpha^4} (-2B_{000\ 200} + B_{000\ 020} + B_{000\ 002}),$$

where T denotes a certain numerical constant defined through (147).

It follows that we here get the same expression for ∇_{200} as when the repulsion-law of MAXWELL is used, except that the numerical factor has another value.

I have here tacitly supposed that integrals of the form a_{011} , a_{101} , a_{110} vanish. We may more generally demonstrate that a coefficient

$$a_{ijk}$$

vanishes, as soon as any one of the indices i , j or k is an odd number.

Let us, indeed, consider integrals of the form

$$\iiint_{-\infty}^{+\infty} U^i V^j W^k F(\Omega) dU dV dW,$$

where F is any arbitrary function of Ω .

Suppose k to be an odd number and substitute the same polar coordinates as before. We have then to deal with integrals (regarding B) of the form

$$(150) \quad \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^{i+j+1} B \sin^k B \, dB.$$

But

$$\cos^{i+j+1} B = A_0 + A_1 \cos B + A_2 \cos 2B + A_3 \cos 3B + \dots$$

where either all coefficients A_i having even indices (i) or all coefficients having odd indices vanish.

Further we have, k being odd,

$$\sin^k B = B_1 \sin B + B_3 \sin 3B + \dots$$

and hence

$$\cos^{i+j+1} B \sin^k B = C_1 \sin B + C_2 \sin 2B + C_3 \sin 3B + \dots,$$

so that the integral (150) has the value zero.

Taking into consideration that $F(\Omega)$ is a symmetrical function of U , V and W it follows that the integral (150) also vanishes if i or j is an odd number.

Hence we have

$$a_{011} = a_{101} = a_{110} = 0.$$

The not-vanishing coefficients are:

$$\begin{array}{ccccccc} a_{200}, & a_{020}, & a_{002} \\ a_{400}, & a_{040}, & a_{004}, & a_{022}, & a_{202}, & a_{220} \\ \hline \end{array}$$

We here consider only terms of the second order.

47. Discussion of the integral T .

We have

$$(151) \quad T = \frac{8\pi}{15} \int_0^\infty d\Omega \, \Omega^6 I \Phi,$$

where

$$(152) \quad \begin{aligned} I &= K \int_d^D \frac{b^3 \omega^5 \, db}{(K + b^2 \omega^4)^2} = \\ &= \frac{K}{2\omega^3} \left\{ \log \frac{K + D^2 \omega^4}{K + d^2 \omega^4} - K \frac{(D^2 - d^2) \omega^4}{(K + d^2 \omega^4)(K + D^2 \omega^4)} \right\} \end{aligned}$$

and

$$(153) \quad \omega = \sqrt{2} \, \Omega,$$

$$(154) \quad \Phi = \frac{1}{\alpha^3 (2\pi)^{3/2}} e^{-\frac{\Omega^2}{2\alpha^2}}.$$

Introducing the value (153) of ω into I , we get

$$I = 4\sqrt{2} K \int_d^D \frac{b^3 \Omega^5 db}{(K + 4b^2 \Omega^4)^2} =$$

$$= \frac{K}{4\sqrt{2} \Omega^3} \left\{ \log \frac{K + 4D^2 \Omega^4}{K + 4d^2 \Omega^4} - 4K \frac{(D^2 - d^2) \Omega^4}{(K + 4d^2 \Omega^4)(K + 4D^2 \Omega^4)} \right\}$$

and

$$T = \frac{16}{15\alpha^3 \sqrt{\pi}} K \int_0^\infty d\Omega \int_d^D db \frac{b^3 \Omega^{11} e^{-\frac{\Omega^2}{2\alpha^2}}}{(K + 4b^2 \Omega^4)^2}.$$

We first observe that all terms of the integral are positive and that hence T is necessarily a positive constant.

We have remarked above that we may, without sensible error, put $d = 0$. Substituting this value and using the notation

$$b = b_1 D \quad (db = D db_1)$$

we get

$$(156^*) \quad T = \frac{16}{15\alpha^3 \sqrt{\pi}} K D^4 \int_0^\infty d\Omega \int_0^1 db_1 \frac{b_1^3 \Omega^{11} e^{-\frac{\Omega^2}{2\alpha^2}}}{(K + 4b_1^2 D^2 \Omega^4)^2}$$

or

$$(156) \quad T = \frac{4}{15\alpha^3 \sqrt{\pi}} p^2 D^2 \int_0^\infty d\Omega \int_0^1 db_1 \frac{b_1^3 \Omega^{11} e^{-\frac{\Omega^2}{2\alpha^2}}}{(1 + p^2 b_1^2 \Omega^4)^2}$$

where

$$(157) \quad p^2 = \frac{4D^2}{K} \left(= \frac{D^2}{k^2(m_1 + m_2)} \right).$$

We find that T depends on 3 parameters: p , D , α . The number of parameters may, however, be reduced to *one* (and a factor). Putting

$$(158) \quad \Omega = \alpha \Omega_1,$$

$$p_1^2 = \alpha^4 p^2 = \frac{4\alpha^4 D^2}{K},$$

$$k_1 = \frac{4D^4 \alpha^9}{K},$$

so is

$$(159) \quad T = \frac{4}{15\sqrt{\pi}} k_1 \int_0^\infty d\Omega_1 \int_0^1 db_1 \frac{b_1^3 \Omega_1^{11} e^{-\frac{\Omega_1^2}{2}}}{(1 + p_1^2 b_1^2 \Omega_1^4)^2},$$

and we conclude that T is proportional to k_1 and depends moreover on a single parameter p_1 .

The integration may be performed first regarding Ω_1 and leads then to an integrallogarithmus.

It is, however, preferable to begin with the integration regarding b_1 . We make the following change of variables:

$$(160) \quad \begin{aligned} x &= p_1^2 b_1^2 \Omega_1^4, \\ y &= \Omega_1^2, \end{aligned}$$

so that

$$db_1 d\Omega_1 = \frac{dx dy}{4p_1^2 b_1 \Omega_1^5},$$

and

$$(161) \quad \begin{aligned} T &= \frac{k_1}{15p_1^4 \sqrt{\pi}} \int_0^\infty dy y e^{-\frac{y}{2}} \int_0^\infty \frac{x dx}{(1+x)^2} = \\ &= \frac{k_1}{15p_1^4 \sqrt{\pi}} \int_0^\infty dy y e^{-\frac{y}{2}} \left\{ \log(1 + p_1^2 y^2) - \frac{p_1^2 y^2}{1 + p_1^2 y^2} \right\}. \end{aligned}$$

The constant before the integral may also be written in the form

$$(161^*) \quad \frac{\alpha K}{60\sqrt{\pi}}.$$

The logarithm under the sign of integration may be removed through integration by parts. We have, indeed,

$$\frac{\partial e^{-\frac{y}{2}} (4 + 2y)}{\partial y} = -y e^{-\frac{y}{2}}.$$

The application of this formula gives

$$T = \frac{\alpha K}{60\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{p_1^2 dy y e^{-\frac{y}{2}}}{1 + p_1^2 y^2} (8 + 4y - y^2).$$

Putting

$$(162) \quad \begin{aligned} y &= 2t \\ q^2 &= 1 + 4p_1^2 \\ K_1 &= \frac{\alpha K}{15\sqrt{\pi}} \end{aligned}$$

we get

$$\begin{aligned}
 (163) \quad T &= K_1 \int_0^\infty \frac{dt e^{-t} t(2 + 2t - t^2)}{q^2 + t^2} = \\
 &= K_1 \int_0^\infty \frac{dt \varphi(t)}{q^2 + t^2},
 \end{aligned}$$

where

$$(163^*) \quad \varphi(t) = e^{-t} (2t + 2t^2 - t^3).$$

This integral can always be computed through mechanical quadrature, but a more analytical procedure is to be preferred.

Put $t = qx$, so that

$$T = K_1 \int_0^\infty \frac{dx e^{-qx}}{1 + x^2} (2x + 2qx^2 - q^2 x^3)$$

and consider the transcendent

$$(164) \quad \psi(q) = \int_0^\infty \frac{dx e^{-qx}}{1 + x^2},$$

then we have

$$\psi'(q) = - \int_0^\infty \frac{x dx e^{-qx}}{1 + x^2}$$

and generally

$$\psi^{(r)}(q) = (-1)^r \int_0^\infty \frac{x^r dx e^{-qx}}{1 + x^2}$$

so that

$$(165) \quad T = K_1 \{-2\psi'(q) + 2q\psi''(q) + q^2\psi'''(q)\}.$$

We easily obtain a differential equation for the function ψ . We have indeed

$$\psi(q) + \psi''(q) = \frac{1}{q}$$

or, if

$$y = \psi(q)$$

$$(166) \quad \frac{d^2 y}{dq^2} + y = \frac{1}{q}.$$

We want an analytical representation of ψ , which allows us to compute ψ for very great values of q (molecules) and for very small values of the same variable (stars).

The integral T may be represented through ϕ and its first differentialquotient. We have indeed

$$\phi'' = \frac{1}{q} - \phi,$$

$$\phi''' = -\frac{1}{q^2} - \phi',$$

so that

$$(167) \quad T = K_1 \{1 - 2q\phi - (2 + q^2)\phi'\}.$$

48. For the study of ϕ it is suggested to use the *integrallogarithmus*. This function is defined by the formula (Compare e. g. NIELSEN: Theorie des Integrallogarithmus)

$$\text{li } x = \int_0^x \frac{dt}{\log t},$$

or

$$\text{li } e^{-x} = - \int_x^\infty \frac{e^{-t}}{t} dt$$

or, somewhat more generally,

$$(168) \quad \text{li } e^{-xy} = - \int_x^\infty \frac{e^{-ty}}{t} dt.$$

Besides the integrallogarithmus we introduce also the *integralsinus* and the *integralcosinus*, defined by the integrals

$$(169) \quad \text{si } x = - \int_x^\infty \frac{\sin t}{t} dt,$$

$$(169^*) \quad \text{ci } x = - \int_x^\infty \frac{\cos t}{t} dt,$$

which give

$$(170) \quad \text{li } e^{ix} = \text{ci } x + i \text{si } x.$$

Returning now to the function ψ , we have

$$\begin{aligned}\psi(q) &= \frac{1}{2i} \int_0^{\infty} \left(\frac{dx e^{-qx}}{x-i} - \frac{dx e^{-qx}}{x+i} \right) = \\ &= \frac{1}{2i} \int_{-i}^{\infty} e^{-qi} \frac{e^{-qt}}{t} dt - \frac{1}{2i} \int_i^{\infty} e^{qi} \frac{e^{-qt}}{t} dt\end{aligned}$$

or, according to (168),

$$\psi(q) = -\frac{1}{2i} e^{-qi} \operatorname{li} e^{iq} + \frac{1}{2i} e^{qi} \operatorname{li} e^{-iq}.$$

Introducing here the integralsinus and the integralcosinus by (169), we get

$$2i\psi(q) = \operatorname{ci} q (e^{qi} - e^{-qi}) - i \operatorname{si} q (e^{qi} + e^{-qi}),$$

or

$$(171) \quad \psi(q) = \operatorname{ci} q \sin q - \operatorname{si} q \cos q.$$

To obtain $\psi'(q)$ we observe that, according to the definition (169),

$$\begin{aligned}\frac{d \operatorname{si} x}{dx} &= \frac{\sin x}{x}, \\ \frac{d \operatorname{ci} x}{dx} &= \frac{\cos x}{x},\end{aligned}$$

so that

$$(172) \quad \psi'(q) = \operatorname{ci} q \cos q + \operatorname{si} q \sin q.$$

Using known developments and tables for $\operatorname{ci} x$ and $\operatorname{si} x$ we are now able to compute ψ and ψ' and hence also T .

It would have been possible to use the differential equation (166)

$$(166) \quad \frac{d^2 y}{dx^2} + y = \frac{1}{x} \quad (x = q)$$

in order to find the value of ψ . This method has been used by SCHLÖMILCH (Crelles Journal Bd 33 (1846)) who thus reduces the function to the integralsinus and the integralcosinus.

If the right member of (166) is put $= 0$, we first get the integral

$$(173) \quad y = z_1 \cos x + z_2 \sin x.$$

Varying now z_1 and z_2 we get

$$(174) \quad \frac{dy}{dx} = -z_1 \sin x + z_2 \cos x$$

if the condition

$$(175) \quad \frac{dz_1}{dx} \cos x + \frac{dz_2}{dx} \sin x = 0$$

is introduced.

Differentiating once more the relation (174) we get

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -z_1 \cos x - z_2 \sin x - \frac{dz_1}{dx} \sin x + \frac{dz_2}{dx} \cos x,$$

or according to (173) and (175)

$$(176) \quad -\frac{dz_1}{dx} \sin x + \frac{dz_2}{dx} \cos x = \frac{1}{x}.$$

From (175) and (176) it follows

$$\frac{dz_1}{dx} = -\frac{\sin x}{x},$$

$$\frac{dz_2}{dx} = \frac{\cos x}{x},$$

or

$$z_1 = A - \int \frac{\sin x}{x} dx,$$

$$z_2 = B + \int \frac{\cos x}{x} dx,$$

and

$$(177) \quad y = \phi(x) = \cos x \left(A - \int \frac{\sin t}{t} dt \right) + \\ + \sin x \left(B + \int \frac{\cos t}{t} dt \right).$$

It remains to determine the constants of integration A and B .

Developing $\cos t$ and $\sin t$ into a power-series in t , so is

$$\int \frac{\cos t}{t} dt = \log x + \sum_1^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n}}{2n \lfloor 2n \rfloor},$$

$$\int \frac{\sin t}{t} dt = \sum_0^{\infty} \frac{(-1)^n x^{2n+1}}{(2n+1) \lfloor 2n+1 \rfloor},$$

and

$$(178) \quad \phi(x) = \cos x \left\{ A - x + \frac{x^3}{3 \lfloor 3 \rfloor} - \frac{x^5}{5 \lfloor 5 \rfloor} + \dots \right\} + \\ + \sin x \left\{ B + \log x - \frac{x^2}{2 \lfloor 2 \rfloor} + \frac{x^4}{4 \lfloor 4 \rfloor} - \dots \right\}.$$

For determining A we put $x = 0$ and get

$$(179) \quad A = \phi(0) = \int_0^{\infty} \frac{dx}{1+x^2} = \frac{\pi}{2}.$$

For determining B SCHLÖMILCH makes use of an analytical method. We may also perform this determination numerically. Putting $x = 1$ we get

$$\begin{aligned}\psi(1) = \cos 1 \left\{ \frac{\pi}{2} - 1 + \frac{1}{3 \lfloor 3 \rfloor} - \frac{1}{5 \lfloor 5 \rfloor} + \dots \right\} + \\ + \sin 1 \left\{ B - \frac{1}{2 \lfloor 2 \rfloor} + \frac{1}{4 \lfloor 4 \rfloor} - \dots \right\},\end{aligned}$$

where *

$$(180) \quad \psi(1) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-x} dx}{1+x^2}.$$

The computation of this integral may be carried out with the help of mechanical quadrature.

Let now $\text{Si}^{**} x$ and $\text{Ci} x$ be defined by the series

$$\begin{aligned}(181) \quad \text{Si } x = x - \frac{x^3}{3 \lfloor 3 \rfloor} + \frac{x^5}{5 \lfloor 5 \rfloor} - \frac{x^7}{7 \lfloor 7 \rfloor} + \dots = \int_0^x \frac{\sin t \, dt}{t}, \\ \text{Ci } x = B + \log x - \frac{x^2}{2 \lfloor 2 \rfloor} + \frac{x^4}{4 \lfloor 4 \rfloor} - \frac{x^6}{6 \lfloor 6 \rfloor} + \dots = B + \int_0^x \frac{\cos t \, dt}{t},\end{aligned}$$

then we have

$$(182) \quad \psi(x) = \cos x \left(\frac{\pi}{2} - \text{Si } x \right) + \sin x \text{Ci } x.$$

The functions $\text{Si } x$ and $\text{Ci } x$ are tabulated by GLAISHER in Phil. Trans. London, T. 160 (1870) (in part reproduced in JAHNKE's »Functionentafeln«). It may be observed that (in both places) the relation between the integralsine and the integralsine and the integrallogarithm is incorrectly formulated (the relation of GLAISHER and JAHNKE is not valid for large values of x).

A series for $\psi(x)$ valid for large values of x is obtained in the following manner. In the differential equation

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + y = \frac{1}{x}$$

we put

$$y = \frac{a_1}{x} + \frac{a_3}{x^3} + \frac{a_5}{x^5} + \dots = \sum_0^{\infty} \frac{a_{2r+1}}{x^{2r+1}}$$

and get the following recursion formulae for the coefficients:

$$\begin{aligned}a_{2r+1} + (2r-1) 2r a_{2r+1} &= 0, \\ a_1 &= 1,\end{aligned}$$

* The resulting value of B is, according to SCHLÖMILCH $B = +0.5772156$.

** This function (first introduced by SCHLÖMILCH) differs somewhat from the function $\text{si } x$, defined above, the relation between them being $\text{si } x = \text{Si } x - \frac{\pi}{2}$.

so that

$$a_{2r-1} = (-1)^{r+1} \lfloor r \rfloor ,$$

so that

$$(183) \quad y = \frac{1}{x} - \frac{\lfloor 2 \rfloor}{x^3} + \frac{\lfloor 4 \rfloor}{x^5} - \frac{\lfloor 6 \rfloor}{x^7} + \dots$$

This series is divergent. I shall return to this question below.

The general integral is obtained through adding

$$A \cos x + B \sin x.$$

It is, however, $A = B = 0$. To prove that we deduce the series (183) directly from the integral

$$y = \psi(x) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-xt} dt}{1+t^2}.$$

Put

$$xt = z \quad \therefore \quad x dt = dz$$

so that

$$(184) \quad \psi(x) = x \int_0^{\infty} \frac{e^{-z} dz}{x^2 + z^2}.$$

For large values of x — with which we are here concerned — we may (at least formally) develop into powers of z and put

$$(185) \quad \psi(x) = \frac{1}{x} \int_0^{\infty} dz e^{-z} \left\{ 1 - \frac{z^2}{x^2} + \frac{z^4}{x^4} - \frac{z^6}{x^6} + \dots \right\}$$

or

$$(185^*) \quad \psi(x) = \frac{1}{x} \left\{ 1 - \frac{\lfloor 2 \rfloor}{x^2} + \frac{\lfloor 4 \rfloor}{x^4} - \frac{\lfloor 6 \rfloor}{x^6} + \dots \right\}$$

which is the expression (183).

This series is evidently *divergent* for all values of x . It may, nevertheless, be used for numerical computations, if x is rather large. We have, indeed,

$$\frac{1}{x} = \int_0^{\infty} \frac{e^{-z} dz}{x}.$$

Subtracting this value from (184) we get

$$\begin{aligned}\psi(x) - \frac{1}{x} &= - \int_0^{\infty} \frac{z^2 e^{-z}}{x(x^2 + z^2)} dz = \\ &= - \frac{1}{x^3} \int_0^{\infty} \frac{z^2 e^{-z}}{1 + z^2/x^2} dz = - \frac{k_3}{x^3},\end{aligned}$$

where

$$k_3 < \int_0^{\infty} z^2 e^{-z} dz = 2.$$

It follows that $\psi(x)$ differs from $1/x$ by a quantity numerically smaller than $2/x^3$, which for large x may be made as small as we please.

Furthermore we have:

$$\frac{1}{1 + z^2/x^2} = 1 - \frac{z^2/x^2}{1 + z^2/x^2}$$

and

$$k_3 = \int_0^{\infty} z^2 e^{-z} dz - \int_0^{\infty} \frac{z^2 e^{-z}}{x^2 \left(1 + \frac{z^2}{x^2}\right)} dz = 2 - \frac{k_5}{x^2},$$

where $k_5 < 4$. In like manner we may proceed to the higher (negative) powers of x . It evidently follows that this divergent series may be used for numerical work as soon as x has a large value. The error in the evaluation is always numerically smaller than the next non-considered term in the series.

A table of the functions $\psi(x)$, $\psi'(x)$ and T is given at the end of this memoir

From (185*) we deduce:

$$(186) \quad \psi'(x) = \frac{1}{x^2} + \frac{\frac{3}{2}}{x^4} - \frac{\frac{5}{8}}{x^6} + \frac{\frac{7}{16}}{x^8} - \dots$$

CHAPTER VII.

The time of relaxation.

49. Neglecting for the moment the variation in the characteristics depending on the coordinates in space and neglecting also the attraction of the stellar cluster as a whole, so that only the influence of the passages is considered, we get from (100)

$$\begin{aligned}
 \frac{d A_{200}}{dt} &= \nabla_{200}, \\
 \frac{d A_{020}}{dt} &= \nabla_{020}, \\
 \frac{d A_{002}}{dt} &= \nabla_{002}.
 \end{aligned}
 \tag{187}$$

According to (149) we have

$$\begin{aligned}
 \alpha^4 \nabla_{200} &= T(-2B_{000\ 200} + B_{000\ 020} + B_{000\ 002}), \\
 \alpha^4 \nabla_{020} &= T(B_{000\ 200} - 2B_{000\ 020} + B_{000\ 002}), \\
 \alpha^4 \nabla_{002} &= T(B_{000\ 200} + B_{000\ 020} - 2B_{000\ 002}),
 \end{aligned}$$

where, according to (136),

$$\begin{aligned}
 B_{000\ 200} &= A_{000} A_{200} - \frac{1}{2} A_{100}^2, \\
 B_{000\ 020} &= A_{000} A_{020} - \frac{1}{2} A_{010}^2, \\
 B_{000\ 002} &= A_{000} A_{002} - \frac{1}{2} A_{001}^2.
 \end{aligned}$$

It follows from our suppositions, according to (100) that A_{000} , A_{100} , A_{010} , A_{001} are constants.

For our present purpose it suffices to consider the values $A_{100} = A_{010} = A_{001} = 0$, which (as may be found from (77)) implies that no starstreams occur in the cluster.

We now get

$$\begin{aligned}
 \frac{d A_{200}}{dt} &= \frac{A_{000} T}{\alpha^4} [-2A_{200} + A_{020} + A_{002}], \\
 \frac{d A_{020}}{dt} &= \frac{A_{000} T}{\alpha^4} [A_{200} - 2A_{020} + A_{002}], \\
 \frac{d A_{002}}{dt} &= \frac{A_{000} T}{\alpha^4} [A_{200} + A_{020} - 2A_{002}].
 \end{aligned}
 \tag{187*}$$

Using the notation

$$(188) \quad \nu = \frac{A_{000} T}{\alpha^4}$$

we substitute in (187*)

$$A_{200} = a e^{\lambda t},$$

$$A_{020} = b e^{\lambda t},$$

$$A_{002} = c e^{\lambda t},$$

and obtain for determining the quantities λ , a , b , c the relations

$$(189) \quad \begin{aligned} (\lambda + 2\nu) a - \nu b - \nu c &= 0, \\ -\nu a + (\lambda + 2\nu) b - \nu c &= 0, \\ -\nu a - \nu b + (\lambda + 2\nu) c &= 0. \end{aligned}$$

Putting:

$$\lambda = s\nu$$

we get the »equation in s »:

$$(190) \quad \Delta = \begin{vmatrix} s + 2, & -1, & -1 \\ -1, & s + 2, & -1 \\ -1, & -1, & s + 2 \end{vmatrix} = 0$$

or

$$\Delta = s(s + 3)^2 = 0,$$

so that the roots are

$$\begin{aligned} s &= 0 \\ s &= -3 \text{ (double)}. \end{aligned}$$

To each root corresponds a system of coefficients a , b , c , of which one is arbitrary.

For $s = 0$ we get

$$\begin{aligned} 2\nu a_0 - \nu b_0 - \nu c_0 &= 0 \\ -\nu a_0 + 2\nu b_0 - \nu c_0 &= 0 \\ -\nu a_0 - \nu b_0 + 2\nu c_0 &= 0 \end{aligned}$$

which equations have the solution

$$a_0 = b_0 = c_0$$

If the root $s = -3$ is treated in the same manner, we get three identical equations:

$$0 = \nu(a + b + c).$$

But $s = -3$ is a double root. According to a known theorem in the theory of linear differential equations with constant coefficients, the corresponding integrals have the form:

$$A_{200} = (a_1 + a_2 t) e^{\lambda t},$$

$$A_{020} = (b_1 + b_2 t) e^{\lambda t},$$

$$A_{002} = (c_1 + c_2 t) e^{\lambda t},$$

which substituted in the differential equations (187*) give

$$(191) \quad \begin{aligned} (\lambda + 2\nu) a_1 - \nu b_1 - \nu c_1 &= -a_2, \\ -\nu a_1 + (\lambda + 2\nu) b_1 - \nu c_1 &= -b_2, \\ -\nu a_1 - \nu b_1 + (\lambda + 2\nu) c_1 &= -c_2, \end{aligned}$$

and

$$(192) \quad \begin{aligned} (\lambda + 2\nu) a_2 - \nu b_2 - \nu c_2 &= 0, \\ -\nu a_2 + (\lambda + 2\nu) b_2 - \nu c_2 &= 0, \\ -\nu a_2 - \nu b_2 + (\lambda + 2\nu) c_2 &= 0, \end{aligned}$$

or, using the value $\lambda = -3\nu$,

$$(192^*) \quad \begin{aligned} a_2 &= \nu(a_1 + b_1 + c_1), \\ b_2 &= \nu(a_1 + b_1 + c_1), \\ c_2 &= \nu(a_1 + b_1 + c_1), \end{aligned}$$

whereas the three equations (192) all take the same form

$$0 = \nu(a_2 + b_2 + c_2).$$

As, according to (192*), $a_2 = b_2 = c_2$, we hence get

$$a_2 = b_2 = c_2 = 0,$$

and it remains the relation

$$(193) \quad a_1 + b_1 + c_1 = 0.$$

Two of the quantities a_1, b_1, c_1 may be arbitrarily chosen; the third being then determined by (193).

The solution of (187*) is now

$$(194) \quad \begin{aligned} A_{200} &= a_0 + a_1 e^{-3\nu t}, \\ A_{020} &= a_0 + b_1 e^{-3\nu t}, \\ A_{002} &= a_0 + c_1 e^{-3\nu t}, \end{aligned}$$

where

$$(194^*) \quad \begin{aligned} a_1 + b_1 + c_1 &= 0, \\ \nu &= A_{000} \frac{T}{\alpha^4}. \end{aligned}$$

We know that T , and hence also ν , is positive.

It now immediately follows from (194) the following theorem:

If t increases towards $+\infty$, then the coefficients $A_{200}, A_{020}, A_{002}$ approach asymptotically to the same limit a_0 .

According to the formulae (86) and (69) we have ($L = M = 0$)

$$(195) \quad \begin{aligned} \underline{2} A_{200} &= (\nu_{200} - \alpha^2) A_{000}, \\ \underline{2} A_{020} &= (\nu_{020} - \alpha^2) A_{000}, \\ \underline{2} A_{002} &= (\nu_{002} - \alpha^2) A_{000}, \end{aligned}$$

where, as usual, ν_{ijk} are relative moments.

As furthermore

$$\begin{aligned} \nu_{200} &= \sigma_u^2, \\ \nu_{020} &= \sigma_v^2, \\ \nu_{002} &= \sigma_w^2, \end{aligned}$$

where σ_u , σ_v , σ_w denote the mean component velocity of u , v , w , so is

$$(195^*) \quad \begin{aligned} \underline{2} A_{200} &= (\sigma_u^2 - \alpha^2) A_{000}, \\ \underline{2} A_{020} &= (\sigma_v^2 - \alpha^2) A_{000}, \\ \underline{2} A_{002} &= (\sigma_w^2 - \alpha^2) A_{000}. \end{aligned}$$

We have just found that A_{200} , A_{020} , A_{002} with increasing t approach to the same limit α_0 . The above formulae show that σ_u^2 , σ_v^2 , σ_w^2 also approach to the same limit, which we may call σ^2 . Hence the theorem:

The mean component velocity of the stars approaches, with increasing t , to the value σ^2 in all directions.

Which is the theorem of MAXWELL.

If α , which is arbitrary, is put $= \sigma$, so is the limiting value of A_{200} , A_{020} , A_{002} vanishing.

The velocity, with which these parameters converge against zero, depends on the coefficient ν .

50. Numerical computation of the time of relaxation. We first compute the dimensions, regarding length and time, of the constant T . We start from the formula (156*)

$$T = \frac{16}{15\pi^3 V} K D^4 \int_0^\infty d\Omega \int_0^1 db_1 b_1^3 \frac{\Omega^{11} e^{-\frac{\Omega^2}{2\alpha^2}}}{(K + 4b_1^2 D^2 \Omega^4)^2}.$$

Let the notation

$$a \parallel l^m t^n$$

denote that a quantity a has the dimension m regarding length and n regarding time.

As D is a length, Ω and α ($= \sigma$) a velocity and b_1 the quotient of two lengths, we have

$$(196) \quad \begin{aligned} D &\parallel l, \\ \Omega &\parallel lt^{-1}, \\ b_1 &\parallel l^0. \end{aligned}$$

Considering, that the two terms in the denominator must have the same dimensions, we get

$$(196^*) \quad K \equiv l^6 t^{-4}.$$

It follows that

$$(196^{**}) \quad T \equiv l^7 t^{-5}$$

and

$$\frac{T}{\alpha^4} \equiv l^3 t^{-1}.$$

The quantity A_{000} denotes the number of stars per cub. sirrometer and has the dimensions

$$A_{000} \equiv l^{-3},$$

so that

$$(197) \quad \nu = A_{000} \frac{T}{\alpha^4} \equiv t^{-1}.$$

Hence: *The inverse value of 3ν denotes a time = the time of relaxation.*

For numerical computation of T we may use either the tables of GLAISHER for the integralsine and the integralscosine and the expression (171) for ϕ , whereupon

$$\frac{T}{K_1} = 1 - 2q\phi - (2 + q^2)\phi',$$

or developments into series. The latter method is alone practicable for very large and for very small values of q . For very small values we get from (78)

$$\begin{aligned} \phi(x) = \cos x \left\{ \frac{\pi}{2} - x + \frac{x^3}{3 \lfloor 3} - \frac{x^5}{5 \lfloor 5} + \frac{x^7}{7 \lfloor 7} - \dots \right\} + \\ + \sin x \left\{ B + \log x - \frac{x^2}{2 \lfloor 2} + \frac{x^4}{4 \lfloor 4} - \frac{x^6}{6 \lfloor 6} + \dots \right\} \end{aligned}$$

and

$$\begin{aligned} \phi'(x) = \cos x \left\{ \log x + B - 1 - \frac{x^2}{2 \lfloor 3} + \frac{x^4}{4 \lfloor 5} - \frac{x^6}{6 \lfloor 7} + \dots \right\} + \\ + \sin x \left\{ -\frac{\pi}{2} + \frac{1}{x} + \frac{x}{2} - \frac{x^3}{3 \lfloor 4} + \frac{x^5}{5 \lfloor 6} - \frac{x^7}{7 \lfloor 8} + \dots \right\}, \end{aligned}$$

which give

$$(198) \quad \begin{aligned} \frac{T}{K_1} = 1 + \cos x \{ -\pi x - 2 \log x - x^2 \log x - 2(B-1) + x^2 \text{ Powerseries} \} + \\ + \sin x \left\{ -\frac{2}{x} - 2x \log x + \pi + x(-2B-2) + x^2 \text{ Powerseries} \right\}. \end{aligned}$$

For very small values of x we have

$$(199) \quad \frac{T}{K_1} = -2 \log x.$$

As to the large values of x we have given before a series for $\psi(x)$, from which we get

$$(200) \quad \frac{T}{K_1} = \frac{2.5 \underline{3}}{x^4} - \frac{4.7 \underline{5}}{x^6} + \frac{6.9 \underline{7}}{x^8} - \dots$$

For very large values of x , we may confine ourselves to the first term of the right member. For moderately large values we have to take into consideration also the following terms in the series till the terms begin to increase. The error of the value of T thus computed is smaller than the first neglected term.

51. Stars. For the numerical computation of the time of relaxation we have to use the following formulae

$$(201) \quad \left\{ \begin{array}{l} K = k^4(m_1 + m_2)^2, \\ K_1 = \frac{\alpha K}{15\sqrt{\pi}}; \quad q = \frac{\sqrt{K}}{4D\alpha^2}, \\ 3\nu = 3A_{000} \frac{T}{\alpha^4}. \end{array} \right.$$

Moreover is $\alpha = \sigma =$ mean component velocity of the stars.

We use *planetary units* (Compare Medd. N:o 70). We then have

$$k = 2\pi$$

and

$$m_1 + m_2 = 2.$$

Further we have, according to Medd. N:o 70

$$D = 1.611 \times 10^6, \quad \alpha = \sigma = 5.624,$$

which give

$$\begin{aligned} K &= 6234, \\ \sqrt{K} &= 78.96, \\ q &= 0.3874 \times 10^{-6}. \end{aligned}$$

The value of q is so small that it is permissible to use the formula

$$\frac{T}{K_1} = -2 \log q$$

which gives

$$\frac{T}{K_1} = +29.53.$$

We further have

$$\begin{aligned} K_1 &= 1318.7 \\ T &= 38940 \\ T : \alpha^4 &= 38.92. \end{aligned}$$

According to Meddel. N:o 70 is

$$A_{000} = 0.239 \times 10^{-18}$$

so that

$$3\nu = 27.91 \times 10^{-18}$$

and the time of relaxation =

$$(202) \quad 1 : 3\nu = 3.583 \times 10^{16} \text{ years.}$$

Curiously enough JEANS has obtained, using the repulsionlaw of MAXWELL, a value of the time of relaxation nearly of the same order of magnitude as that deduced above from the law of NEWTON. This coincidence is probably due to a mere chance.

The time 10^{16} years is an approximate measure of the time required for a sensible alteration in the velocity ellipsoid of the stars on account of the passages.

52. Molecules. If the law of NEWTON is applied to the kinetic theory of the gases it proves necessary to use another value of the constant of attraction, than that used for stars. Such a modification was, for different reasons, *a priori* to be expected. The value of the constant of attraction for gases may be deduced from the known results obtained in the classical theory.

MAXWELL has deduced the value of the time of relaxation for gases. Assuming the number of AVOGADRO as known, we are able to compute q and hence the constant of attraction for gases.

The formula for ν may be written in the form

$$(203) \quad 3\nu = \frac{16}{5\sqrt{\pi}} A_{000} \alpha D^2 \frac{q^2 T}{K_1},$$

where the last factor $(q^2 T : K_1)$ depends only on q . From the known values of $3\nu (= 1 : \text{time of relaxation})$, A_{000} ($=$ the number of AVOGADRO), α ($=$ mean component velocity of the molecules) and D ($=$ half the mean distance of the molecules)

$$q^2 T : K_1$$

may be computed and thence the value of q . It follows from the table at the end of this memoir as well as of the fig. 8 that $q^2 T : K_1$ is vanishing for small values of q and also for large values and has a single maximum. It follows that to a given value of $q^2 T : K_1$ correspond *either two values of q or no real value* of this quantity. We shall find that there are two real solutions.

The numerical computation runs as follows, where all quantities are expressed in the C. G. S. system.

I put with JEANS* (P. 297)

$$3\nu = 6 \times 10^9.$$

* This refers to air. Hence some modifications in the following calculations (carried out for hydrogen), which only aim at giving the order of magnitude of the constant of attraction.

Further is:

$$\text{AVOGADRO'S number} \dots\dots\dots = A_{000} = 30 \times 10^{18},$$

$$\text{Velocity of a hydrogen molecule} \dots = \alpha = 1.694 \times 10^5 \text{ cm/sec.},$$

$$\text{Half mean distance of the molecules} = D = 1.610 \times 10^{-7} \text{ cm.},$$

so that

$$\frac{16}{5\sqrt{\pi}} \alpha A_{000} D^2 = 2.378 \times 10^{11}.$$

From (203) we now get

$$q^2 \frac{T}{K_1} = 0.02523.$$

Interpolating in the table 2 we find two roots: A) $q = 0.070$, B) $q = 48$.

$$\text{A) } q = 0.070.$$

From the formula

$$q = \frac{k^2(m_1 + m_2)}{4D\alpha^2}$$

we are now able to compute the constant of attraction. We get

$$k^2(m_1 + m_2) = 1294.$$

If now, according to Meddel. No 70, we take

$$m_1 + m_2 = 6.2 \times 10^{-24} \text{ gr.},$$

so is

$$(204) \quad k_{\text{gas}} = 1.445 \times 10^{13} \text{ C. G. S.}$$

For a comparison of this value with the planetary constant of attraction, we have to express the latter in the C. G. S. system. We have

$$k^2 = (2\pi)^2 \frac{(\text{sundistance})^3}{(\text{year})^2 \text{ sunmass}}.$$

But

$$\text{Sundistance} \dots = 1.495 \times 10^{13} \text{ cm.},$$

$$\text{Year} \dots\dots\dots = 3.156 \times 10^{13} \text{ sec.},$$

$$\text{Mass of the sun} = 2.000 \times 10^{33} \text{ gr.},$$

so that the planetary constant of attraction (k_*) has the value

$$(205) \quad k_* = 2.573 \times 10^{-10} \text{ C. G. S.}$$

Comparing with (204) we get

$$(206) \quad \frac{k_{\text{gas}}}{k_*} = 5.616 \times 10^{22}.$$

We now consider the second solution:

$$\text{B) } q = 48,$$

which gives

$$k^2(m_1 + m_2) = 0.887 \times 10^6,$$

and

$$(207) \quad k_{\text{gas}} = 3.782 \times 10^{14} \text{ C. G. S.},$$

which value gives

$$(207^*) \quad k_{\text{gas}} : k_* = 1.470 \times 10^{24}$$

Which of these solutions is to be accepted?

To decide this question we may reason in the following way.

If the kinetic theory of the gases is based on the law of NEWTON, it follows that the relative orbits of the molecules at the passages are hyperbolas. If the gas is condensed, this form of the orbits changes when a certain critical distance of the molecules is reached. We may suppose this to happen when the body passes over to a fluid state. The relative orbits are then *parabolas*.

This takes place (according to the energy integral in the problems of two bodies) when the distance r has such a value R as is given by the equation

$$\alpha^2 = \frac{2k^2(m_1 + m_2)}{R}.$$

The two values for k_{gas} give:

$$\text{A) (for } q = 0.070)$$

$$R = 9.016 \times 10^{-8} \text{ cm.},$$

$$\text{B) (for } q = 48)$$

$$R = 0.618 \times 10^{-4} \text{ cm.}$$

It is contended in molecular physics that the distance between the molecules of a fluid (or solid) body is of the order of magnitude:

$$10^{-8} \text{ cm.}$$

The solution A) seems to agree best with this result. We conclude that the *molecular constant of attraction* has the value

$$\begin{aligned} k_{\text{gas}} &= 10^{13} \text{ C. G. S.} \\ &= 6 \times 10^{22} \end{aligned}$$

times the planetary constant of attraction.

Whether this theory also accounts for other qualities of the gases found by the experiments is a question which cannot be discussed here.

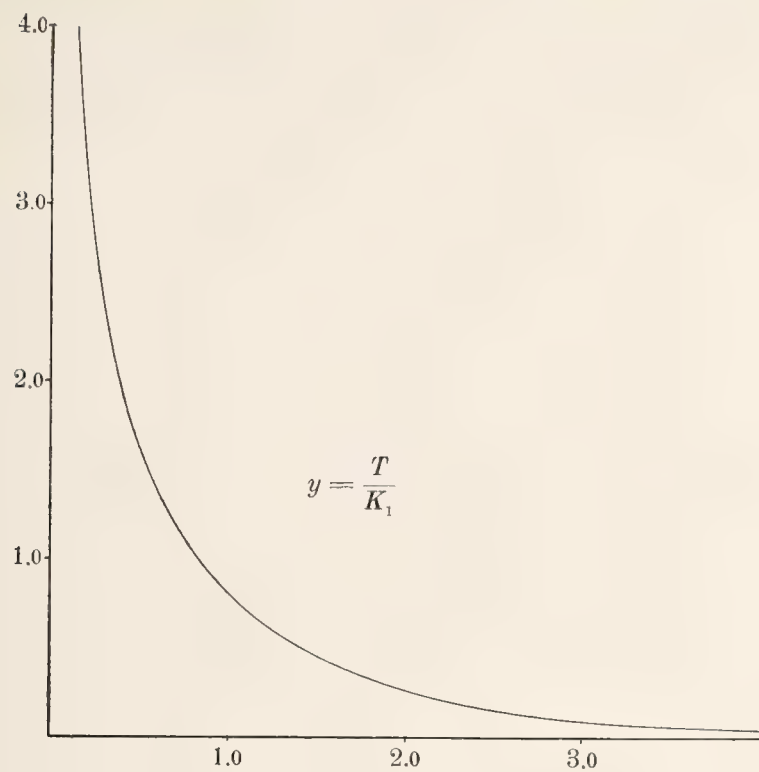


Fig. 7.

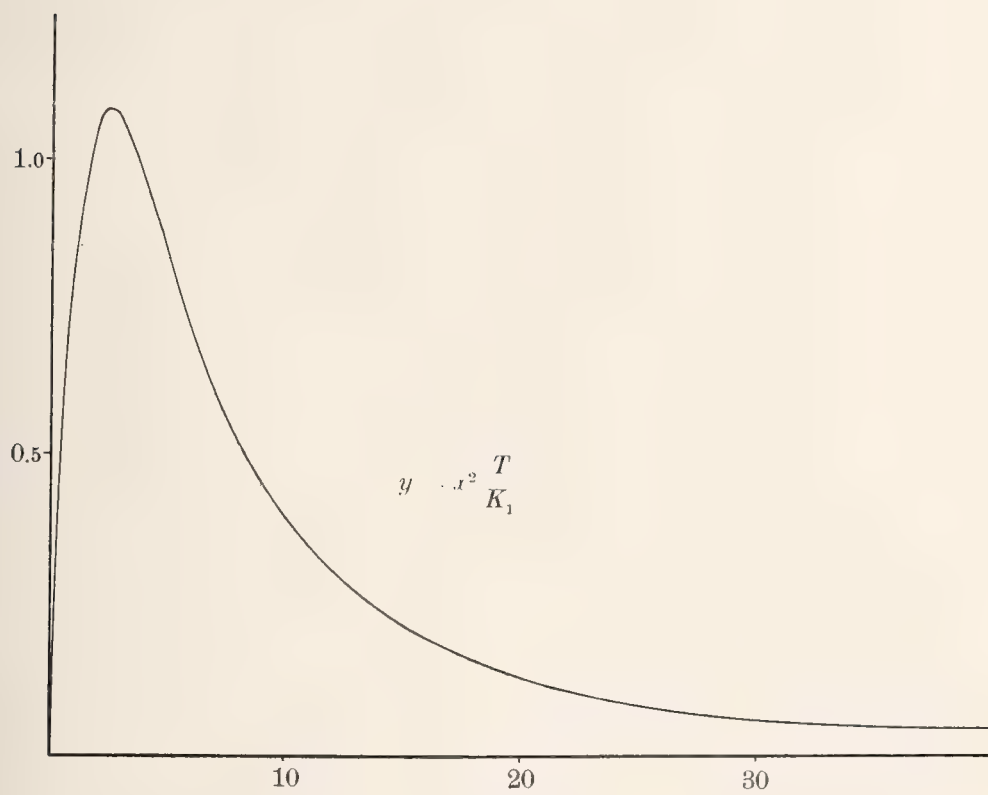


Fig. 8.

TABLE 2.

| x | $\frac{T}{K_1}$ | $x^2 \frac{T}{K_1}$ | x | $\frac{T}{K_1}$ | $x^2 \frac{T}{K_1}$ | x | $\frac{T}{K_1}$ | $x^2 \frac{T}{K_1}$ |
|------|-----------------|---------------------|-----|-----------------|---------------------|------|-----------------|---------------------|
| 0.01 | 9.056767 | 0.000906 | 2.2 | 0.22693 | 1.0983 | 7.0 | 0.012711 | 0.6228 |
| 0.02 | 7.672500 | 0.003069 | 2.3 | 0.20824 | 1.1016 | 8.0 | 0.008310 | 0.5318 |
| 0.03 | 6.864473 | 0.006178 | 2.4 | 0.19144 | 1.1027 | 9.0 | 0.005683 | 0.4603 |
| 0.04 | 6.292732 | 0.010068 | 2.5 | 0.17633 | 1.1020 | 10.0 | 0.004058 | 0.4058 |
| 0.05 | 5.850682 | 0.014627 | 2.6 | 0.16268 | 1.0997 | | | |
| 0.06 | 5.490816 | 0.019767 | 2.7 | 0.15033 | 1.0959 | 15 | 0.000943 | 0.2121 |
| 0.07 | 5.187773 | 0.025420 | 2.8 | 0.13912 | 1.0907 | 20 | 0.000331 | 0.1323 |
| 0.08 | 4.926395 | 0.031529 | 2.9 | 0.12895 | 1.0845 | 25 | 0.000141 | 0.088342 |
| 0.09 | 4.696920 | 0.038045 | 3.0 | 0.11969 | 1.0772 | 30 | 0.000070 | 0.062851 |
| 0.10 | 4.492610 | 0.044926 | 3.1 | 0.11126 | 1.0692 | 35 | 0.000038 | 0.046877 |
| | | | 3.2 | 0.10353 | 1.0601 | 40 | 0.000023 | 0.036248 |
| 0.2 | 3.184721 | 0.127389 | 3.3 | 0.09647 | 1.0505 | 45 | 0.000014 | 0.028842 |
| 0.3 | 2.467814 | 0.222103 | 3.4 | 0.08999 | 1.0403 | 50 | 0.000009 | 0.023478 |
| 0.4 | 1.994129 | 0.319061 | 3.5 | 0.08404 | 1.0295 | 55 | 0.000006 | 0.019478 |
| 0.5 | 1.653028 | 0.415257 | 3.6 | 0.07857 | 1.0183 | 60 | 0.000005 | 0.016414 |
| 0.6 | 1.394693 | 0.502089 | 3.7 | 0.07356 | 1.0070 | 65 | 0.000003 | 0.014017 |
| 0.7 | 1.192348 | 0.584251 | 3.8 | 0.06890 | 0.9950 | 70 | 0.000002 | 0.012107 |
| 0.8 | 1.029984 | 0.659190 | 3.9 | 0.06462 | 0.9828 | 75 | 0.000002 | 0.010563 |
| 0.9 | 0.897280 | 0.726797 | 4.0 | 0.06066 | 0.9706 | 80 | 0.000001 | 0.009294 |
| 1.0 | 0.787239 | 0.787239 | 4.1 | 0.05700 | 0.9582 | | | |
| 1.1 | 0.694884 | 0.840810 | 4.2 | 0.05361 | 0.9456 | 81 | 0.000001 | 0.009068 |
| 1.2 | 0.616608 | 0.887916 | 4.3 | 0.05045 | 0.9329 | 82 | 0.000001 | 0.008850 |
| 1.3 | 0.549707 | 0.929005 | 4.4 | 0.04754 | 0.9204 | 83 | 0.000001 | 0.008640 |
| 1.4 | 0.492102 | 0.964520 | 4.5 | 0.04480 | 0.9072 | 84 | 0.000001 | 0.008437 |
| 1.5 | 0.442187 | 0.994921 | 4.6 | 0.04229 | 0.8949 | 85 | 0.000001 | 0.008241 |
| 1.6 | 0.398694 | 1.020657 | 4.7 | 0.03993 | 0.8821 | 86 | 0.000001 | 0.008052 |
| 1.7 | 0.360603 | 1.042143 | 4.8 | 0.03772 | 0.8690 | 87 | 0.000001 | 0.007869 |
| 1.8 | 0.327072 | 1.059713 | 4.9 | 0.03569 | 0.8568 | 88 | 0.000001 | 0.007693 |
| 1.9 | 0.297459 | 1.073827 | 5.0 | 0.03377 | 0.8443 | 89 | 0.000001 | 0.007522 |
| 2.0 | 0.271190 | 1.084760 | | | | 90 | 0.000001 | 0.007357 |
| 2.1 | 0.247803 | 1.092811 | 6.0 | 0.02014 | 0.7250 | | | |



DIE URSACHEN DER PLAGIOTROPIE UND DIE REIZBEWEGUNGEN DER NEBENWURZELN

VON

HENRIK LUNDEGÅRDH

I.

MIT 13 TEXTFIGUREN



LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft am 14. März 1917 vorgelegt.

LUND 1917
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

Einleitung ¹.

Der Geotropismus orthotroper Organe wurde im Laufe der letzten Dezennien durch die Arbeiten mehrerer Forscher, wie FITTING, BACH, GUTTENBERG, PEKELHARING, RUTGERS, TRÖNDLE, JOST u. a. in nicht unerheblichem Grade aufgeklärt. Über die autotropische Ausgleichungsbewegung hat SIMON besondere Untersuchungen angestellt. Endlich hat uns die Arbeit von RISS mit einer besonderen Wirkung der in der Längsrichtung der Wurzeln gerichteten Schwerkraft bekannt gemacht, indem diese Längskomponente eine in geneigten Lagen des Organs induzierte geotropische Bewegung hemmen soll. Man kann folglich mit Recht sagen, dass wir derzeit ein ziemlich zufriedenstellendes Bild von den geotropischen Reizbewegungen orthotroper Organe besitzen.

Das Gleiche kann bis jetzt nicht von plagiotropen Organen, namentlich Seitenwurzeln und Seitenzweigen, gesagt werden. Während an orthotropen Organen das Sinusgesetz und das Reizmengengesetz, sowie verschiedene Bestimmungen von Präsentationszeiten und Reaktionszeiten, auch unter verschiedenen äusseren Bedingungen, gemacht wurden, hat noch niemand derartige Untersuchungen an plagiotropen Organen gemacht, obwohl es von vornherein wohl als wichtig und interessant dünken könnte, zu sehen, ob an diesen z. B. das Sinusgesetz Geltung hätte usw. Es schien mir deshalb eine lohnende Aufgabe zu sein, den Richtungsursachen der schräggestellten Organe möglichst eingehend nachzugehen. Dass ich mich dabei vornehmlich dem Studium der Seitenwurzeln zugewendet habe, erhellt einmal aus dem leichten Zugang zu geeignetem Material und dann aus dem Umstand, dass die Wurzeln, im Gegensatz zu den Sprossen, häufig aphototropisch sind, und im Dunkeln gedeihen, so dass man hier den Geotropismus zumeist ohne Komplikation studieren kann. Doch ist ausdrücklich zu betonen, dass die an Seitenwurzeln gewonnenen Erfahrungen nicht ohne weiteres auf die Seitensprosse übertragbar sind. Diese müssen gesondert studiert werden und weichen in ihrem Verhalten tatsächlich manchmal von den Wurzeln ab, wie aus einer folgenden Abhandlung hervorgehen wird.

¹ In einer demnächst erscheinenden Abhandlung werde ich die weiteren Reizbewegungen der Nebenwurzeln darlegen.

Ehe ich den Ausgangspunkt und die Gliederung meiner Studien angebe, sei hier zuerst eine kurze Übersicht über die Ergebnisse anderer Forscher betreffs der Seitenwurzeln geliefert.

Eingehendere Untersuchungen über den Geotropismus der Seitenwurzeln hat zuerst SACHS angestellt (1874; ich zitiere nach Ges. Abh. 1892). Er schliesst aus seinen zahlreichen Versuchen, dass die Nebenwurzeln erster Ordnung zwar positiv geotropisch sind, dass ihr geotropisches Vermögen jedoch zu schwach ist, um eine senkrechte Abwärtskrümmung zu bewirken. Unter geotropischem Grenzwinkel versteht SACHS »denjenigen Winkel, unter welchen Nebenwurzeln erster Ordnung gegen die Vertikale geneigt sein können, ohne eine geotropische Krümmung zu erfahren oder denjenigen Neigungswinkel, nach dessen Erreichung die geotropische Krümmung aufhört« (1892 S. 898). Der geotropische Grenzwinkel hat nach SACHS nichts gemeinsam mit dem Eigenwinkel, welcher nur von inneren Wachstumsursachen abhängt und zum Vorschein kommt, wenn die Nebenwurzeln an der horizontalen Klinostatachse austreiben. Hier steht SACHS in Widerspruch zu DUTROCHET (1824 S. 101; 1837, S. 32), welcher die geneigte Orientierung der Nebenwurzeln ansieht als den Resultant von der Eigenrichtung, welche die Wurzeln senkrecht auf die Hauptwurzel zu stellen bestrebt ist, und dem positiven Geotropismus, der an sich lotrechte Abwärtskrümmung bewirkt.

Für die Auffassung von SACHS spricht vor allem der bekannte Umkehrungsversuch (SACHS 1892, Fig. 73); anderseits gibt SACHS gar keine Erklärung der Tatsache, dass senkrecht abwärts gestellte Nebenwurzeln manchmal eine Aufwärtskrümmung erfahren. Auf diese Tatsache hat CZAPEK (1895) seine Vorstellungen über den »Plagiogeotropismus« gebaut.

Auch dieser Forscher verwirft die inzwischen von NOLL (1894) verfochtene DUTROCHET'sche Theorie, spricht folglich mit SACHS von einem rein geotropischen Grenzwinkel. Infolge der von ihm angestellten Versuche neigt CZAPEK aber zu der Ansicht, dass die Bewegungen der Seitenwurzeln von zwei geotropischen Reizvorgängen beherrscht werden, nämlich positivem Geotropismus und Transversalgeotropismus. Die Grenzwinkellage wird nach dieser Hypothese als eine Resultantlage anzusehen sein. Die Auseinandersetzungen CZAPEKS (1895) sind allerdings nicht ganz klar und seine Überzeugung ist schwankend; drei Jahre später (1898 S. 241) hat er sie geändert, so dass die Seitenwurzeln nach ihm jetzt diageotropisch sind und ihre Ruhelage in der Grenzwinkelstellung haben.

Die Aufwärtskrümmung aus der Vertikallage war an sich eine so interessante Tatsache, dass sie zu näherem Studium aufforderte, namentlich als CZAPEK bedeutende Intensitätsunterschiede zwischen ihr und der Abwärtskrümmung beobachtet hatte. Nach CZAPEKS Darstellungen (1895 u. 1898) könnte man die Vorstellung gewinnen, dass die Aufwärtskrümmung zwar langsamer als die Abwärtskrümmung verlief, aber immer einträte. Aus SACHS Figuren findet man aber (z. B. in Fig. 81), dass ein sehr ausgiebiges und langdauerndes Wachstum in vertikaler Richtung ohne Aufwärtskrümmung stattfinden kann.

SCHOBER (1898), welcher diese Spezialfrage näher verfolgte, hat ein z. T. ausserordentlich langsames Reaktionsvermögen gefunden. Auch findet nach ihm keine eigentliche Aufwärtskrümmung bis zur Grenzwinkellage statt. Es genügt, sagt er (S. 7), »von einer Krümmung aus der Vertikalen zu sprechen«. Von mir angestellte Vorversuche ergaben ebenfalls, dass die Aufwärtskrümmung einen ganz anderen Charakter hat als die prompt eintretende Abwärtskrümmung, welche immer zur Grenzwinkellage führt.

Auch CZAPEKS Angaben über die optimale Reizlage verlangten eine Nachprüfung. Nach ihm sollte 90° über der Grenzwinkellage die optimale Reizung stattfinden. Eine genaue Feststellung dieser Sache schien mir wichtig zu sein für die Entscheidung zwischen SACHS' Auffassung und CZAPEKS Theorie.

Der Ausgangspunkt meiner Untersuchung bildete die Frage: Sind wirklich die Seitenwurzeln schwächer geotropisch als die Hauptwurzel, wie es SACHS vermutet, d. h. besitzen sie, um in moderner Sprache zu reden, längere Präsentations- oder Reaktionszeiten als diese? Nach Beantworten dieser Frage wurde CZAPEKS Auffassungen einer Prüfung unterzogen. Den wichtigsten Teil der folgenden Darstellung bilden eine Reihe von Versuchen, die aus neuen im Lauf der Untersuchung auftauchenden Fragestellungen hervorgegangen sind. Durch diese Versuche wird eine neue Eigenschaft der Seitenwurzeln aufgedeckt und damit die Möglichkeit gegeben, ihr eigentümliches geotropisches Verhalten zu erklären.

Ehe wir an die Schilderung der Ergebnisse herantreten, müssen wir die benutzte Methodik beschreiben.

KAP. I. Methoden.

a. Das Material.

Züchtung des Materials. Ich habe hauptsächlich mit einer grünen Erbsenrasse, genannt Concordia-Erbsen, gearbeitet. Die Samen wurden von Svenska Utsädesbolaget in Svalöf bezogen und zeichneten sich durch hohe und gleichmässige Keimfähigkeit aus. Die Erbsenrasse ist eine reine Linie, was selbstverständlich von grossem Vorteil ist, wenn man, wie es in reizphysiologischen Arbeiten manchmal vorkommt, die Versuchsdaten statistisch behandeln muss, um zuverlässige Vergleichswerte zu bekommen.

Schon SACHS findet sich durch die vielen Schwierigkeiten, welche sich dem Studium der Nebenwurzeln entgegenstellen, veranlasst, das Versuchsmaterial möglichst einzuschränken. Seine Angaben beziehen sich daher zunächst auf *Vicia faba*, auch CZAPEK hat anscheinend vorwiegend mit Keimpflanzen dieser Art experimentiert. Leider haben sich die von mir aus Svalöf bezogenen Pferdebohnen als ganz unbrauchbar erwiesen, weil die Kulturen ausnahmslos verpilzten. Bessere Resultate erhielt ich mit einer kleinsamigen *Cucurbita*-Rasse (als *Cuc. argyrospermum* bezeichnet) und *Phaseolus multiflorus*. Fast sämtliche Versuche wurden jedoch mit den Concordiaerbsen angestellt. — Nach 24-stündiger Quellung in Wasser kamen die Samen (Wurzelende abwärts) in Sägespähnen. In einer Woche ist die Hauptwurzel so weit ausgewachsen (10–15 Cm.), dass die ersten Nebenwurzeln hervortreten. Wenn man jeden Tag neue Kulturen ansetzt, hat man immer geeignetes Material zur Hand, was für den ununterbrochenen Gang der Untersuchung unerlässlich ist. Die Töpfe mit den Keimpflanzen befanden sich im Sommer im Versuchsgewächshaus des Instituts, im Winter im Arbeitszimmer, wo eine Temperatur von etwa 20° C herrschte.

Weitere Behandlung der Versuchspflanzen. Für Beobachtungen an Keimwurzeln stehen ja drei Medien zu Gebot: Erde, Wasser und Luft. Von diesen hat die Erde (und in geringerem Grad die Sägespähne) den Vorteil, dass die Pflanzen sehr gut gedeihen; die Erde ist, wie man sagt, ihr natürliches Medium.

Die Erdekultur hat jedoch verschiedene praktische Unannehmlichkeiten, welche dem Experimentieren sehr hinderlich sind. Die Kulturgefässe sind höchst schwerfällig. Ferner versteckt sich nicht selten eine hinter der Glaswand des SACHS'schen Kastens eben schön sichtbare Wurzel bald hinter einen am Glase haftenden Erde-

partikel, um fernerhin in dem undurchsichtigen Medium zu verbleiben oder erst in einigen Stunden wieder zum Vorschein zu kommen — als der zu beobachtende Krümmungsvorgang schon vorüber ist! Endlich ist es nicht ausgeschlossen, dass durch die Reibung an den Erdepartikeln thigmotropische Reizvorgänge ausgelöst werden¹. Jedenfalls wachsen die Wurzeln und besonders die Nebenwurzeln, wie es schon SACHS bemerkt hat, niemals geradelinig in Erde fort, sondern machen hin und wieder kleinere oder grössere Abweichungen vom Grenzwinkel. Ich habe deshalb Erdekulturen mit Nebenwurzeln nur ergänzungsweise angestellt. Dagegen wurden eine ganze Reihe von Präsentations- und Reaktionszeitbestimmungen an den *Hauptwurzeln* von *Pisum* mit Erdekulturen gemacht.

Das Wasser als Versuchsmedium ist ebenfalls unbequem, weil es mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist, den Pflanzen darin jede beliebige Orientierung zu geben. Ich habe mit Vorteil grosse Glasküvetten von fünf bis zehn Liter Inhalt benutzt. Das Objekt wird an einen Korkzylinder befestigt, der zwischen die Glaswände der Küvette eingepasst wird. Durch Drehen dieses Zylinders kann man das Objekt in jeder gewünschten Lage fixieren. Das Wasser ist von Zeit zu Zeit zu erneuern. Um die Temperatur konstant zu halten, kann man natürlich besondere elektrische Wärmeanordnungen benutzen.

In Wasserkulturen wachsen die Wurzeln zwar geradelinig fort, nicht selten treten aber Verpilzungen der Wurzelhauben und der Schleimhüllen ein. Ferner ist es nicht möglich, mit Wasserkulturen in so grossem Massstab zu arbeiten, wie es für meine Zwecke nötig war.

Nach mehreren Misserfolgen mit der Wasserkultur habe ich mich daher der Kultur in feuchtgesättigter Luft zugewendet. Die Keimpflanzen wurden in grossen Petrischalen (Diam. 12—15 Cm.) an einen Kork befestigt, der mittels daraufgelegter Baumwolle zwischen Boden und Deckel fixiert wurde. Der Boden und die Ränder der Schale wurden mit nassem Filtrierpapier bekleidet. Um das Beschlagen des Deckels zu vermeiden, ging eine Präparation desselben mit Gelatine voraus. Er wurde auf der Innenseite mit 10—20 Proz. Gelatine begossen, dann in geneigter Lage und vor Staub geschützt zum Trocknen gestellt. Die Gelatine wird natürlich vorher sorgfältig durch Glaswolle filtriert. Die so präparierten Deckel werden niemals beschlagen, denn die Gelatine saugt die Feuchtigkeit gleichmässig auf. Zugleich wird der Keimling ringsum von feuchtgesättigter Luft umgeben und zeigt eine vorzügliche Reaktionsfähigkeit. Der einzige Übelstand ist die nach einer gewissen Zeit unvermeidlich eintretende bakteriöse Zersetzung der Gelatine. Bei sterilisierten Gelatinelösungen und sonst reinlichem Arbeiten tritt diese Zersetzung, auch bei der im Termostat (vgl. unten) herrschenden Temperatur, selten früher als nach 30—40 Stunden ein, und in dieser Zeit sind die Versuche in den meisten Fällen abgeschlossen. Übrigens kann man leicht in wenigen Sekunden den ver-

STARK fand neuerdings thigmotropische Reizbarkeit der Nebenwurzeln von *Phaseolus multiflorus* (siehe STARK, 1916).

brauchten Deckel durch einen frischen ersetzen. Die Kultur in Petrischalen mit gelatinisiertem Deckel macht die Handhabung des Objekts sehr einfach.

Will man Hauptwurzeln studieren, so werden diese an zwei langen vergoldenen Nadeln aufgereiht, jede Schale kann in dieser Weise etwa 20 Objekte aufnehmen. Für das Studium der Nebenwurzeln empfiehlt es sich, nur eine Pflanze in jede Schale zu unterbringen (siehe Fig. 2). Da *Pisum* triarche Wurzeln besitzt, gelingt es ohne Schwierigkeit, das Objekt an einer kurzen Nadel so zu orientieren, dass die Wurzeln einer Reihe parallel mit den Wänden der Schale wachsen. Die beschickten Schalen werden in federnde Blechklemmen eingesteckt (vgl. Fig. 2). Die Deckel der Petrischalen sind im allgemeinen hinreichend plan, um eine für die meisten Zwecke hinreichend genaue Beobachtung zu gestatten. Um Präzisionsmessungen zu ermöglichen müssen als Deckel dünne Spiegelglasplatten benutzt werden; auch diese sind natürlich auf der einen Seite mit Gelatine zu überziehen. Durch die stark federnde Blechklemme wird der Spiegelglasdeckel den geschliffenen Rändern der Schale fest angedrückt. Einen völlig hermetischen Verschluss soll man jedoch vermeiden. Denn die Keimlinge werden dann weniger widerstandsfähig gegen Verpilzung. Deshalb plaziere ich einen dünnen Wattestreifen zwischen Deckel und Schale, so dass eine kleine Spalte entsteht, die einen langsamen Diffusionsaustausch zwischen der Innenluft und der Umgebung gestattet, ohne dass die erstere ihre Feuchtigkeitssättigung aufgibt.

Über die Vorbereitung des Materials ist noch zu bemerken, dass jeden Abend eine grössere Zahl von Schalen mit den von anhaftenden Sägespänen durch kurzes Abspülen in Leitungswasser befreiten Keimpflanzen beschickt wurde. Dann wurden die mit Klemmen versehenen Schalen gleich in den Termostat (siehe unten) gebracht, um am nächsten Morgen gebrauchsfähig zu sein. Die Länge der Nebenwurzeln beträgt etwa 5—30 Mm., wie aus den Bildern hervorgeht. Unter den fertigen Schalen findet natürlich eine endgültige Auslese statt; nur ein geringer Prozent der Pflanzen haben gut gewachsene Nebenwurzeln aufzuweisen. Namentlich werden diejenigen ausgesucht, an denen eine schöne Reihe von annähernd parallelen Nebenwurzeln ausgebildet ist. Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, dass Studien über Nebenwurzeln mit grossem Materialverbrauch verbunden sind und Geduld verlangen. Jedoch will ich nicht SACHS beitreten, wenn er sagt, dass »das Experimentieren mit ihnen zu den zeitraubendsten und unerfreulichsten Beschäftigungen gehört«!

Wenn immer frisches Material benutzt wird, sind die Wurzeln in feuchtgesättigter Luft fast so empfindlich und reaktionsfähig wie in Wasser oder Erde. Die geotropischen Neigungswinkel sind auch, im grossen ganzen, annähernd dieselben wie in diesen Medien. Es liegt daher keinen Grund vor, die Kulturen in Petrischalen nicht als völlig normal anzusehen.

Ein Besprengen der Wurzeln mit Wasser hat man mit dieser Methode gar nicht nötig, vorausgesetzt, dass die Versuche bei wenig schwankender Temperatur vorgenommen werden. Die Hauptwurzel wird intakt gelassen, denn sie schmiegt

sich dem nassen Filtrierpapier an und erhält so die ganze Keimpflanze turgescent. Deshalb zeigten die Nebenwurzeln in meinen Versuchen immer ein intensives Wachstum. Übrigens gestattet meine unten beschriebene Registrierungsmethode immer ein Messen des Wachstums der Versuchswurzeln während der ganzen Beobachtungszeit, was zur Kontrolle höchst wichtig ist. Auch die Kenntnis der Form der Wurzelspitzen erleichtert in hohem Grad die Beurteilung der Lebensfrische. Gesunde Spitzen der Nebenwurzeln sind etwa nach Art einer Spitzkugel gestaltet. Im krankhaften Zustand wird die Spitze halbsphärisch oder sogar ganz stumpf. Nicht selten erfolgt bei längerem Aufenthalt in den Kulturschalen eine (wahrscheinlich bakteriöse) Anschwellung und partielle Auflösung der Wurzelenden. Abnormitäten, welche schon beim Durchmustern des Materials leicht auszumerken sind, ist starke Hyponastie oder aber fast orthotropes Wachsen sämtlicher Seitenwurzeln. Im ersten Fall wachsen sie in einem flachen Bogen, die Spitzen horizontal gerichtet. Diese extremen Varianten kommen jedoch, wie gesagt, schon vom Beginn der Luftkultur an zum Vorschein, während anfangs normal orientierte Wurzeln auch fernerhin normal weiterwachsen, was für die Zuverlässigkeit der Ergebnisse von hoher Bedeutung ist.

b. Der Versuchsraum.

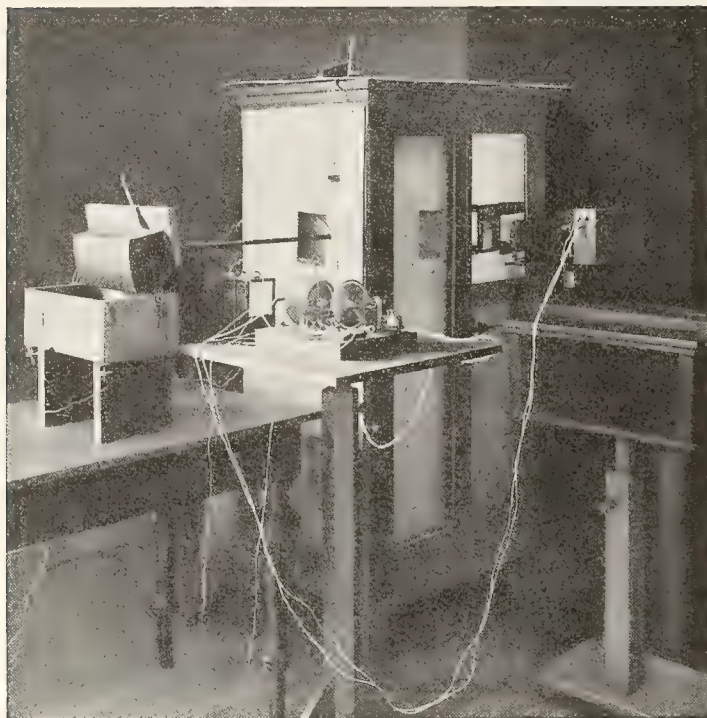
Die Versuche in Erde und Wasser wurden frei im Arbeitszimmer ausgeführt. Im Sommer habe ich mich der Dunkelkammer des Instituts bedient, im Winter wurde ein speziell für reizphysiologische Zwecke eingerichtetes Arbeitszimmer benutzt. Die beiden Fenster dieses Zimmers sind mit doppelten lichtdichten Jalousien versehen, welche in tiefen Falzen laufen. Die Türe führt zu einem Vorzimmer, das zugleich als photographische Dunkelkammer eingerichtet ist. Die Gasleitung war selbstverständlich abgestellt. Die Ventilation wurde durch einen zwischen den Fenstern platzierten Ventil besorgt. Bei sorgfältigem Beschießen des Heizofens schwankte die Temperatur selten mehr als zwischen 18° und 20°. Übrigens sind die in Petrischalen gezüchteten Wurzeln schon durch ihre Isolierung vor zufälligen Verunreinigungen der Atmosphäre geschützt.

ARPAD PAAL (1914) hat in einer vorläufigen Mitteilung gezeigt, dass die Variationsbreite reizphysiologischer Vorgänge am Wachstumsoptimum den kleinsten Wert besitzt. Es empfiehlt sich daher, alle Versuche bei hinreichend hoher Temperatur auszuführen. Das Optimum für die *Pisum*-Wurzeln beträgt etwa 29° (vgl. LEITCH 1916). Da aber die Gelatine bei dieser Temperatur schnell verpilzt, habe ich eine supraoptimale Temperatur von etwa 26° gewählt.

Alle Versuche mit Luftkulturen wurden in einem geräumigen, eigens für diesen Zweck konstruierten elektrischen Thermostat vorgenommen. Derselbe besteht aus einem Schrank mit doppelten Glaswänden (Fig. 1). In diesem Schrank ist die aus starkem galvanisiertem Eisenblech verfertigte Wärmekammer eingeschlossen. Zwischen

ihr und den Glaswänden befindet sich ein Wattenmantel. Ausserdem sind die Eisenblechwände mit starkem weissem Papp bekleidet.

Die Termostatkammer hat eine Höhe von 130 Zm., eine Breite von 70 Zm. und eine Tiefe von 45 Zm. Sie ist mit zwei Türen versehen und kann durch starke Querscheiben (aus verzinkten Eisenbändern) in mehrere Fächer geteilt werden. Die obere Türe hat zwei Fenster aus Spiegelglas, die untere Türe hat nur ein Fenster. Die Fenster besitzen Schiebdeckel. Da der äussere Schrank Glaswände besitzt, kann man die Objekte leicht beobachten, ohne den Termostat zu öffnen.



a b c d

Fig. 1.

Der elektrische Termostat (c) mit einer horizontalen Klinostatachse durch die Seitenwand. a Klinostat mit elektromagnetischer Stoppanordnung. d der photographische Registrierungsapparat in Verbindung mit der Kontaktuhr b.

Zwecks der Beobachtung befinden sich im Innern zwei im Niveau der Fenster hängende Glühlampen, welche von aussen angezündet und gelöscht werden können.

Die eingeschlossene Luft wurde durch drei geschwärzte, auf einem Schieferfuss stehende Kohlfadenlampen erwärmt. Das Warmluftsystem hat grosse Vorteile gegenüber das gebräuchliche Warmwassersystem. Erstens sind die Herstellungskosten billiger und der Termostat kann sehr geräumig gemacht werden; zweitens genügt eine viel schwächere Wärmequelle als mit dem Warmwassersystem und der Termostat wird sehr schnell angeheizt und auf die gewünschte Temperatur reguliert.

Um eine gleichmässige Erwärmung zu erzielen, soll man eine zu starke Wärmequelle vermeiden. Von Wichtigkeit ist schnelles und promptes Funktionieren des Regu-

lators. Ich habe längere Zeit einen nach dem Prinzip des Luftthermometers konstruierten Regulator benutzt, der in kürzeren Zeiträumen sehr genau arbeitete. Später wurde er gegen einen vom hiesigen Firma BRUNO und HILL verfertigten Metallthermometer ausgetauscht. Die Wärmelampen werden selbstverständlich durch ein Relä ein- und ausgeschaltet. Bei wenig schwankender Zimmertemperatur hält sich die Temperatur in meinem Termostat konstant bis auf 0.1° à 0.2° . Dies reicht für gewöhnliche Zwecke vollkommen aus; nur wenn man, wie es RUTGERS (1912) getan hat, sich speziell auf das Studium des Temperatureinflusses auf tropistische Vorgänge ein-

richtet, ist wohl der Warmwassertermostat (siehe RUTGERS 1912) vorzuziehen. — Bei den Versuchen herrschte eine Temperatur von 23° — 28° , meistens 25° — 26° .

Das kousequente Arbeiten im Termostat, indem sowohl das Austreiben der Wurzeln und die Versuche bei derselben Temperatur stattfinden, ist insofern von grosser Bedeutung, als das Material sehr gleichmässig reagiert. Überhaupt dürften Kulturen in feuchtgesättigter Luft nur bei dauernd konstanter Temperatur anwendbar sein; im Zimmer ausgewachsene Wurzeln reagierten meistens nicht so gut.

Um gleichzeitig mit mehreren (bis 8 oder 10) Petrikulturen experimentieren zu können habe ich eine besondere Drehvorrichtung benutzt, deren Konstruktion aus Fig. 2 ersichtlich ist. Die vorher erwähnten Blechklemmen sind am Rande von zwei Scheiben festgeschraubt. Diese ruhen auf vertikalen Achsen in einem Gestell, eine Scheibe vor jedem Fensterchen der Türe (in Fig. 2 ist nur einer von den Objektaltern zu sehen). Durch Übertragung mittels Zahnrad und endloser Schrauben (aus Blech) können die Scheiben von aussen gedreht und folglich die Objekte in Reihenfolge durchmustert werden. Die beiden Lampen hängen dabei in der Verlängerung der Achsen, vor den Fenstern. Die Fusscheibe des Gestells ist mit zahlreichen grossen Löchern versehen, um der Luftzirkulation nicht hinderlich zu sein. Wie unten erwähnt wird, besitze ich noch eine besondere Anordnung, durch welche der Wechsel der Objekte automatisch vor sich gehen kann, wenn nämlich mehrere Objekte nacheinander registriert werden sollen.

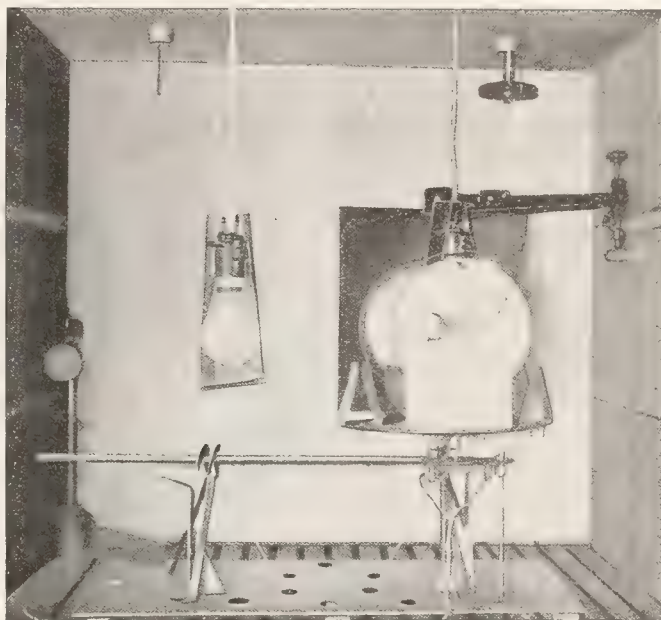


Fig. 2.

Das Innere des Thermostaten, oberer Teil. An der Decke links das Thermometer, rechts den Termoregulator. Unten das Revolvergestell mit Kontaktvorrichtung und horizontaler Drehscheibe mit vier Schalenklemmen.

Durch entsprechende Löcher in der einen Seitenwand und in der hinteren Wand werden nach Bedarf Klinostatachsen eingeführt (siehe Figg. 1 u. 2). Die Achsen der Revolvervorrichtungen können vermittle eines Ansatzstückes auch leicht an die Klinostatachse angeschraubt werden. Ihre Länge ist so gewählt, dass auch in dieser horizontalen Lage die Schalen durch das Fensterchen beobachtet werden können.

c. Vorrichtungen zu intermittierender Reizung usw.

Zwei verschiedene Vorrichtungen wurden verwendet, und zwar als Zusatzstücke zum PFEFFER'schen Klinostat konstruiert. Ich will hier aber nur eine von derselben beschreiben.

Um die Klinostatachse in jeder Lage elektrisch zu arretieren und in Gang zu setzen, wurde der Stoppstift mit einem Elektromagnet verbunden, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist. An die Achse wird ein Zusatzstück angeschraubt, das eine mit Kreisteilung versehene Scheibe und einen Achsenzapfen besitzt. An der Peripherie

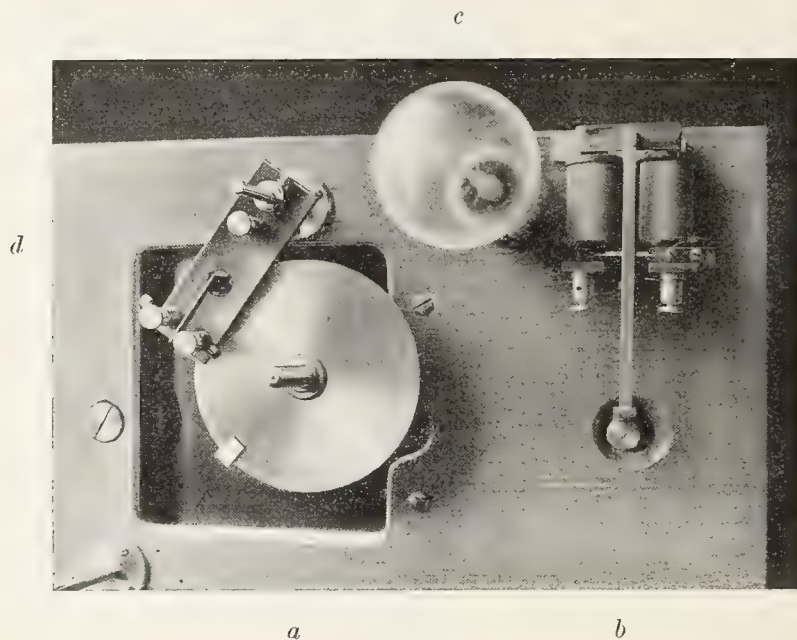


Fig. 3.

Vorrichtung für elektrische Auslösung und intermittierende Achsendrehung an dem PFEFFER'schen Klinostat. *a* Scheibe mit Kreisteilung, Achsenzapfen und Reitern. *b* Elektromagnet in Verbindung mit dem Stoppstift. *c* Glühlampe als Widerstand. *d* Kontaktvorrichtung.

der Scheibe können kleine Klemmen befestigt werden. Jede Klemme hat eine vorspringende Nase, welche an der Kontaktvorrichtung ein Unterbrechen oder Schliessen des Stromes bewirkt. Da hochgespannte Ströme (aus der Stadtleitung) benutzt wurden, diente eine 25-kerzige Glühlampe als Widerstand. Wird die Kontaktvorrichtung auf Stromunterbrechung eingestellt, so bewegt sich (wenn der Kontakt in dem durch den Magnet laufenden Stromkreis eingeschaltet ist) die Klinostatachse, bis eine Klemme auf den Kontaktfeder stösst und den Strom unterbricht, so dass der Stoppstift herunterfällt und der Gang des Uhrwerks sistiert wird (siehe Fig. 3, wo die ganze Einrichtung abgebildet ist).

Die jetzt beschriebene Vorrichtung für intermittierende Reizung muss natürlich mit einer Kontaktuhr kombiniert werden, die nach bestimmter Zeit die Achse wieder in Bewegung versetzt. Die erwähnte Anordnung gestattet nicht eine rückläufige

Bewegung der Achse. Bei Reizung in zwei Lagen, welche um mehr oder weniger als 180° differieren, sind daher die beiden Drehungszeiten verschieden lang, was aber, wenn eine ganze Umdrehung in etwa 15 Sekunden vollzogen wird und die Reizintervalle möglichst lang gewählt werden, meistens belanglos ist.

Mittels der beschriebenen und abgebildeten Anordnungen sind auch verschiedene andere Zwecke zu erreichen. So kann der kontinuierliche Gang des Klinostaten in einen gleichmässig intermittierenden verwandelt werden. Für die Registrierung von Bewegungsvorgängen am Klinostat ist dieses notwendig. Ferner wird unter Verwendung einer ähnlichen Kontaktanordnung wie in Fig. 3 der vorher erwähnte automatische Wechsel von Objekten erzielt. Die Revolverscheibe trägt unter jeder Blechklemme ein Stift, der, wenn er auf die Kontaktfeder stösst, den Strom unterbricht (s. Fig. 2). Die Klinostatachse wird mit der Achse des Revolvergestells verbunden. Die Bewegung der Scheibe wird also sistiert jedes Mal, wenn ein Objekt vor dem Fensterchen kommt. Auch in diesem Fall wird natürlich der Wechsel durch die Kontaktuhr besorgt.

d. Der Registrierapparat und die Kontaktuhr.

Automatische Registrierung der pflanzlichen Bewegungen auf photographischem Wege war immer ein sehr erwünschtes Ziel der Versuchstechnik. PFEFFER (1900) hat bekanntlich Bewegungen kinematographisch aufgenommen. Der gebräuchliche Kinokamera ist aber ein schwer handtierliches Instrument und die erzielten Bilder sind sehr klein. Ausserdem ist die gewöhnliche kinematographische Methode zu kostspielig, um ausgedehnte Verwendung zu bekommen. Von mechanischer Registrierung in Kurven hat sich PFEFFER in seinen bekannten Arbeiten über Schlafbewegungen (1907, 1915) bedient. Auch BOSE (1906, 1914) hat mechanische Registrierung in ausgedehntem Grad benutzt. Für tropistische Bewegungen sind derartige Methoden nicht sehr geeignet. Denn man bekommt durch sie keine Vorstellung von dem eigentlichen Krümmungsverlauf. Hierzu ist ja Abbildung des Gegenstandes nötig.

Welche Genauigkeit man wünscht und braucht, hängt selbstverständlich von dem ab, was man beobachten will. Bestimmungen der rohen Präsentationszeit und Reaktionszeit werden zumeist durch blosse Schätzung des Krümmungseintrittes ausgeführt. VAN DER WOLK (1913) fixierte jedoch die Schattenbilder auf Bromsilberpapier. Forscher, welche wie POLOWZOW (1909), MAILLEFER (1910, 1912), ARISZ (1915) die Existenz einer Reaktionszeit in Abrede stellen, haben mit Horizontalmikroskop beobachtet. Hierbei wird aber nur die Ablenkung der Organspitze genau verfolgt. Eine Vorstellung von dem Detailverlauf der Krümmung hat SACHS durch Messung des Krümmungsbogens und Zeichnung auf freier Hand zu gewinnen versucht. SIMON (1912) führte zum Studium der autotropischen Bewegung das Zeichnen mit Luppe und Kamera lucida ein; MIEHE (1915) hat für die Schlingbewegung einen gewöhnlichen Kamera als Zeichenapparat montiert. Für schnellere

Bewegungsvorgänge sind diese Methoden jedoch offenbar allzu umständlich. Eine mechanische Reproduktion der Krümmungsphasen hat endlich TRÖNDLE (1913) in einfachster Weise durch Anlegen des Objekts (*Avena-coleoptilen*) an weisses Papier und Vermerkung der Tuschemarken mittels Bleistift erzielt, obwohl diese Methode vieles zu wünschen übrig lässt.

Es leuchtet ein, dass alle diese Beobachtungsmethoden, obwohl für viele Zwecke hinreichend genau, versagen, wenn es auf exaktes Verfolgen einer tropistischen Bewegung in die Einzelheiten ankommt. So zarte Objekte wie die Nebenwurzeln zu zeichnen, auch mit einer Kamera, ist einfach unmöglich. Die Ablenkungswinkel der Wurzelspitze durch direkte Messung mit Transporteur zu bestimmen hält auch schwer; ein solches Verfahren nimmt auch bei einem grossen Material sehr viel Zeit in Anspruch und ist schon aus diesem Umstand wenig brauchbar. Als ich mich daher ein genaues Studium einiger tropistischer Vorgänge vorgesetzt hatte, waren meine Bemühungen schon von Anfang an darauf gerichtet, eine gute Registrierungsmethode herauszufinden. Inwieweit mir dieses gelungen ist, mag aus der folgenden Darstellung und den beigebrachten Abbildungen von Versuchsserien hervorgehen.

Der Registrierungsapparat besteht aus einer Filmkassette, mit automatischem Bildwechsel und einer Kontaktuhr, die die Exposition besorgt und die Tätigkeit der Kassette reguliert. Wegen Mangels an Raum kann ich hier keine vollständige Beschreibung der Apparate geben, sondern verweise auf Fig. 1¹.

Der Kamera ruht auf einem Tisch mit verstellbarer Scheibe und Schlittenführung. Der Tisch bewegt sich auf Kugelfüssen.

Die Filmkassette ist wie eine gewöhnliche Rollfilmkassette gebaut aber enthält eine elektrische Drehvorrichtung, durch welche das Filmband fortbewegt wird.

Zum Registrieren wurde fast ausschliesslich Papierfilm (N. P. G.) benutzt. Die Wurzeln erscheinen hell auf dunklem Boden und brauchen nicht kopiert zu werden. Nur wenn man grüne Pflanzenteile in auffallendem Licht aufnehmen will, ist Celluloidfilm vorzuziehen. Das Format wurde möglichst klein gewählt, ohne die Bildschärfe zu beeinträchtigen. Die zwei Kassetten, die ich besitze, sind für das Format 3×4 Zm. eingerichtet. Mit dieser Bildgrösse können die Nebenwurzeln einer Pflanze leicht in natürlicher Grösse oder schwach vergrössert wiedergegeben werden.

Die Filmbänder sind 1 M. lang und gestatten etwa 32 Aufnahmen, was zumeist für einen Versuch ausreicht. Da ein solches Band nur 25 Pf. kostet, wird das Registrieren verhältnismässig billig.

Die Kontaktuhr (siehe Fig. 1) hat drei Achsen mit Umlaufzeiten von 60, 36 und 6 Minuten. Durch die Form und Verstellbarkeit der Kontaktflächen (Schlittenanordnung) wird längere oder kürzere Expositionsdauer (von einigen Sekunden bis einigen Minuten) erzielt. Die Uhr besorgt zugleich, wie erwähnt, den Filmwechsel

¹ Andernorts werde ich den Registrierungsapparat genauer beschreiben.

in der Kasette. Sie hat im Ganzen drei verschiedene Kontaktvorrichtungen, so dass zwei Registrierungsapparate eingeschaltet werden können.

Wenn man am Klinostat registrieren will, dient der eine Schlittenkontakt zur Auslösung der Klinostatbewegung, der andere zur Registrierung. Selbstverständlich kann man nicht bei kontinuierlicher Bewegung der Klinostatachse registrieren. Zu diesem Zweck muss vielmehr die kontinuierliche Bewegung in eine intermittierende aufgelöst werden, und die Aufnahmen erfolgen dann natürlich während des Stillstehens. Zumeist wurden sechs Intervalle benutzt, also eine Bewegung von 60 zu 60 Grad. Der Aufenthalt in jeder Lage betrug etwa 1.5 Minuten, was für Registrierung völlig ausreicht.

In ähnlicher Weise verfährt man bei intermittierender Reizung in verschiedenen Intervallen. Die Exposition wird dann zweckmässig während des längsten Aufenthaltes vollzogen.

Meine hier sehr kurz und flüchtig beschriebene Registrierungsmethode gestattet es, alle Einzelheiten einer geotropischen Bewegung zu verfolgen. Um das Fortschreiten einer Krümmung in Zahlen zu wiedergeben, bedient man sich am besten der schon von SIMON (1912) eingeführten Winkelmessung. Denn durch Messen der Winkelabweichung bekommt man ja ein Mass für die Arbeitsleistung bei der Krümmung. Für viele Zwecke genügt es, nur die Abweichung der Wurzelspitze zu verfolgen (vgl. Kap. VI). Eine genaue Kenntnis vom Krümmungsverlauf erzielt man bloss durch Messen der Abweichungen vieler Zonen der Wurzel (Kap. VI).

Da die Wurzelspitze eine spitzkugelähnliche Form hat, kann man nur die Abweichung der Mittellinie berücksichtigen; gleiches gilt von den gekrümmten Zonen. Die Messung wurde mittels einer auf Glas photographierten Skala unter Mikroskop oder in einem Vergrösserungsapparat ausgeführt. Zonen wurden vermittlels eines über der vergrösserten Bildfläche gelegten beweglichen Gitters beim Messen jeweilig abgegrenzt. Seltener wurden Tuschemarken an den dünnen Wurzeln selbst angebracht, die hierdurch leicht beschädigt werden.

Betreffs der Gradbezeichnungen habe ich mich KNIEP (1910) angeschlossen, und folge dem in der Trigönometrie üblichen Gebrauch. Die 0°-Lage wird immer an die Seite gedacht, wo die Wurzeln stehen.

KAP. II. Präsentations- und Reaktionszeiten der Nebenwurzeln im Vergleich zur Hauptwurzel.

Eine Versuchsreihe (mit über 500 Keimpflanzen), um die Präsentations- und Reaktionszeiten der Hauptwurzel zu bestimmen, wurde mittels Kulturen in Sägespähnen und Erde gemacht. Ich benutzte SACHS'sche Wurzelkästen im Format 25×25 Cm. Die gequollenen Samen wurden in drei horizontellen Reihen übereinander verpflanzt, so dass in jedem Versuch deren etwa 50—80 waren. Alle trieben jedoch natürlich nicht gleich Wurzeln. Das Austreiben geschah in einem gewöhnlichen Termostat bei 25° — 26° während 24 Stunden.

Registriert wurde im Format 6×4 Cm. in Intervallen von 15 Min. unter Benutzung von einer 100-kerzigen Lampe¹ (Expositionsdauer etwa 2 Min.). Der Wurzelkasten wurde unmittelbar vor der Reizung aus dem Termostat herausgenommen, in das Dunkelzimmer gebracht, eine erste Registrierung gemacht und die Wurzeln in horizontaler Lage der optimalen Schwerewirkung während 5, 7, 7.5, 10, 12, 15, 18 Minuten unterworfen. Dann setzten alle 15 Minuten die automatischen Aufnahmen ein. Die Temperatur im Dunkelzimmer betrug nur 18° — 20° . Durch eine unter dem Wurzelkasten angebrachte Heizlampe hielt sich aber die Temperatur in demselben annähernd konstant. Der Eintritt der Krümmung wurde mit Luppe am Film in gewohnter Weise (nach subjektivem Massstab) geschätzt. In folgender Tabelle I ist die Zahl der gekrümmten und ungekrümmten Pflanzen in jedem einzelnen Versuch verzeichnet. Zugleich ist in der letzten Kolonne die Zahl der bei jeder Aufnahme neu gekrümmten Wurzeln angegeben.

Aus der Tabelle I ersieht man, dass die Präsentationszeit hier ziemlich variabel ist, denn die Versuche mit gleicher Reizdauer geben keine gut übereinstimmenden Werte. Zweifelsohne würde man aber mit einem sehr grossen Material durch statistische Behandlung des Gefundenen eine recht genaue Bestimmung der Präsentationszeit in Minuten und Sekunden bekommen. Man vergleiche die speziell auf diese Aufgabe gerichteten Untersuchungen TRÖNDLES (1915). Mir lag es aber nicht an eine solche genaue Bestimmung.

¹ Da diese Versuchsreihe zu den ersten automatisch registrierten gehörte, so wurde eine etwas kompliziertere und unvollkommenere Kontaktuhr verwendet, die aber den Vorzug hatte, den Gebrauch starker Lampen zu gestatten.

TABELLE I.

| Versuch | Temp. | Reizdauer | Anzahl Pflanzen | Es haben sich gekrümmt nach — Minuten | | | | | | | | Im Ganzen |
|---------|-----------|--------------|-----------------|---------------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-------------|
| | | | | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | |
| 9 | 25° | 5 Minuten | 40 | — | — | — | — | — | 5 | 4 | 2 | 11 (27.5 %) |
| 15 | 27.2°—26° | 5 » | 36 | 3 | 8 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | — | 20 (55.5 %) |
| 11 | 25° | 7 » | 56 | — | — | 4 | 10 | 5 | 4 | 1 | 1 | 25 (44.6 %) |
| 18 | 25°—24.5° | 7.5 » | 32 | — | — | — | — | — | — | — | — | 20 (62.5 %) |
| 8 | 24° | 10 » | 55 | 4 | 5 | 13 | 11 | 4 | 4 | 1 | 2 | 44 (80 %) |
| 13 | 26.5° | 10 » | 34 | — | 4 | 12 | 2 | — | 1 | — | — | 19 (56 %) |
| 14 | 25°—23° | 10 » | 30 | — | — | — | — | — | — | — | — | 21 (70 %) |
| 12 | 25° | 12 » | 69 | 1 | 15 | 24 | 15 | 7 | 1 | 1 | — | 64 (92.7 %) |
| 10 | 25°—26° | 15 » | 47 | — | 2 | 12 | 14 | 7 | 4 | 2 | 1 | 42 (89.3 %) |
| 16 | 26°—24.5° | 15 » | 23 | — | 4 | 9 | 9 | — | — | — | — | 22 (95.6 %) |
| 19 | 27° | 18 » | 33 | — | 1 | 5 | 13 | 9 | 3 | — | — | 31 (93.9 %) |
| 20 | 26° | Dauerreizung | 35 | 3 | 10 | 14 | 6 | — | — | — | — | 33 (94.5 %) |
| Summa | | | | 11 | 49 | 96 | 81 | 35 | 23 | 10 | 6 | 352 |

Man sieht ohne weiteres aus der Tabelle, dass die Präsentationszeit (wenn damit die Reizdauer gemeint wird, nach welcher eben die Hälfte der Pflanzen später tropistisch reagiren) mehr als 5 Minuten beträgt. Die beiden Versuche mit 5 Min. während der Reizung weisen 42.5 Proz. Krümmung auf. Ziehen wir dann das Mittel aus den Versuchen 11 und 18, so ergibt sich bei 7 bis 7.5 Min. Reizdauer ein Krümmungsergebnis von 53.5 Proz., während bei 10 Min. Reizdauer 68.6 Proz. der Wurzeln Krümmungen erfahren. Die Präsentationszeit beträgt also etwa 7 Minuten.

Die Reaktionszeit berechnen wir als das arithmetische Mittel aus der Variationskurve. Sie beträgt rund 56 Minuten.

Einige Versuche wurden auch in feuchter Luft mit der Petrischalenmethode angestellt. Es wurde im elektrischen Thermostat registriert und zwar alle 30 Minuten. Nach der Reizung wurden die Wurzeln vertikal gestellt.

TABELLE II.

| Versuch | Temp. | Reizdauer | Zahl der Wurzeln | Gekrümmt (nach 1 1/2—2 St.) |
|------------|---------|-----------|------------------|-----------------------------|
| 244 | 27° | 5 Minuten | 16 | 3 (19 %) |
| 83 | 26.5° | 6 » | 12 | 3 (25 %) |
| 28, 29, 32 | 28° | 7 » | 27 | 9 (30 %) |
| 247 | 24°—25° | 12 » | 25 | 18 (72 %) |

Die Werte fallen hier durchgehends etwas geringer aus als in Sägespänen und Erde. Es ist ja eine alte Erfahrung, dass Hauptwurzeln, welche längere Zeit in feuchter Luft gewachsen sind, etwas schwächer als in Erde reagiren.

Sämtliche Versuche, in denen das Eintreten der Reaktion an Wurzeln in »Ruhe age« d. h. Vertikallage geprüft wird, leiden jedoch an dem Mangel, dass man, wegen der von Fr. Riss (1913) aufgedeckten »Längskraft«, zu hohe Werte bekommt, indem diese Längskraft die Reaktion hemmt. Deshalb habe ich auch eine Versuchs-

reihe mit Wurzeln gemacht, welche während der Latenzzeit am Klinostat rotierten. Die Registrierung wurde dabei in der S. 13, 15 beschriebenen Weise und im elektrischen Termostat vorgenommen. Aufnahmen wurden nur alle 30 Minuten gemacht. In der folgenden Tabelle wird die Reaktion ebenfalls (obwohl die registrierten Bilder viel genauere Messungen gestatten) nach Schätzung beurteilt.

TABELLE III.

| Versuch | Temp. | Reizdauer | Anzahl | Gekrümmt | Anmerkungen |
|---------|-------|---------------|--------|-----------|------------------------------------|
| 243 | 27° | 3 Min. 8 Sek. | 13 | 5 (38 %) | } Rotieren parallel mit der Achse. |
| 242 | 26° | 5 Minuten | 20 | 11 (55 %) | |
| 248 | 25° | 5 „ | 25 | 16 (64 %) | |
| 241 | 24° | 10 „ | 21 | 17 (81 %) | |

Schon aus diesen mit wenigen Individuen gemachten Versuchen ersieht man, dass die Präsentationszeit hier nicht unerheblich geringer ist als in Tabelle I u. II. Wir finden also die Ergebnisse von FR. RISS bestätigt. Die wahre Präsentationszeit für 5—15 Mm. lange Hauptwurzeln von *Pisum* beträgt also weniger als 5 Minuten.

Jetzt wollen wir die Präsentationszeit und Reaktionszeit der Seitenwurzeln bestimmen. Auch hier wurden anfangs einige Versuche in der Weise angestellt, dass die Wurzeln nach der Reizung (in Horizontallage) in die »Normallage«, d. h. die normale Neigungswinkelstellung zurückgebracht wurden. Die Ergebnisse dieser Versuche teile ich jedoch nicht mit, da, wie es sich später herausstellte, die »Normal-lage« der Seitenwurzeln noch weniger eine »Ruhelage« (reizlose Lage) ist wie die Vertikalstellung ortotroper Wurzeln. Auch genügt es aus später mitzuteilenden Gründen nicht, die Wurzeln erst nach der Reizung an den Klinostat zu bringen, sie müssen vielmehr längere Zeit am Klinostat gewachsen haben, um für Präsentations- und Reaktionszeitbestimmungen brauchbar zu sein.

In der unten aufgeführten Versuchsreihe wurden die Objekte vorher in den Petrischalen über die Nacht im Termostat an horizontaler Klinostatachse gedreht (vgl. Fig. 2 links). Nach einer ersten Registrierung wurden sie durch Vertikalstellen der Revolverachse im Gestell (S. 11) unter 0° oder 180° gereizt und sodann unmittelbar wieder an den Klinostat gebracht. Dabei wurde die erwähnte intermittierende Drehungsart (6 Lagen, Intervalle von 2—2.5 Min.) gewählt, um automatische Registrierungen zu ermöglichen. In Tabelle IV ist zum Vergleich mit den vorstehenden Tabellen I—III der Krümmungseintritt subjektiv geschätzt worden.

TABELLE IV.

| Vorbemerk. | Versuch | Temp. | Reizdauer | Anzahl Seitenwurzeln | Anzahl gekrümmte Wurzeln (nach 1 1/2—2 St.) |
|----------------------|---------|---------|-----------------|----------------------|---|
| Klin.-Achse | 249 | 25° | 10 Min. 45 Sek. | 6 | 1 (17 %) |
| ┘ „ | 251 | 25° | 12 Minuten | 7 | 4 (57 %) |
| ┘ „ | 250 | 25°—26° | 15 „ | 6 | 5 (83 %) |
| Regellose Orientier. | 166 | 26° | 20 „ | 12 | 9 (75 %) |
| „ „ | 162 | 26° | 30 „ | 14 | 13 (93 %) |

Obwohl diese Versuchsreihe mit sehr wenig Material durchgeführt wurde, scheint sie mir jedoch hinreichend zuverlässig, um eine ungefähre Vorstellung von der Empfindlichkeit der Seitenwurzeln zu gewinnen. Wir sehen, dass die Präsentationszeit grösser ist als bei den Hauptwurzeln. Sie scheint etwa 12 Minuten zu betragen. Unter ähnlichen Bedingungen hatten die jungen Hauptwurzeln (siehe Tabelle III) eine Präsentationszeit von weniger als 5 Minuten, und sogar unter Mitrechnen der Längskraft war sie geringer als bei den Seitenwurzeln (vgl. Tabelle I u. II).

Ein Vergleich der Empfindlichkeit von Hauptwurzeln und Seitenwurzeln lässt sich auch durch Messen der Krümmungsintensität bei verschiedener Reizdauer gewinnen. Im Versuch 248 betrug die maximale Abweichung nach 5 Min. Reizung durchschnittlich 12.0 Grad. Bei den Nebenwurzeln waren die durchschnittlichen Krümmungsgrößen:

| | | |
|--------------|-------|-------------|
| bei 10' 45'' | 12' | 15' Reizung |
| 6.0° | 12.0° | 13.0° |

was also gut mit den rohen Präsentationszeitbestimmungen übereinstimmt.

Hinsichtlich der Reaktionszeit herrscht ein umgekehrtes Verhältnis. Der Anfang einer Krümmung ist meistens schon nach einer halben oder dreiviertel Stunden mit blossen Auge zu sehen. Ich habe mich nicht bemüht, genauere Angaben über die Reaktionszeit nach subjektivem Massstab zu machen (in Kap. VI wird exakt gemessen), meine Erfahrungen lassen sich aber dahin zusammenfassen, dass die Reaktionszeit der Nebenwurzeln durchschnittlich geringer als die der Hauptwurzeln ist. Dies war von vornherein fast zu erwarten, denn, wie schon PFEFFER (1904, S. 379, 653) bemerkt hat, begünstigt die geringe Dicke eines Organs das schnelle Durchführen einer Krümmung. Die Nebenwurzeln sind ja bedeutend dünner als die jungen Hauptwurzeln.

Lässt sich nun aus den vorstehenden Bestimmungen über Präsentations- und Reaktionszeiten an Hauptwurzeln und Seitenwurzeln etwas zur Erklärung des plagiotropen Verhaltens der letzteren gewinnen? — Offenbar nicht. Wenn SACHS die Ursache der schiefen Orientierung in einem »schwachen geotropischen Vermögen« sah, so wäre dies derzeitig nur als lange Präsentations- oder Reaktionszeiten zu deuten. Wir haben gefunden, dass die Präsentationszeit der Nebenwurzeln mehr als doppelt so lang als die der Hauptwurzeln ist; dies spricht für eine geringere Intensität der Reizperzeption in den Nebenwurzeln. Offenbar schadet aber diese schwächere Perzeption sehr wenig, denn die Seitenwurzeln krümmen sich im Gegenteil um so schneller. Die »Transmissionszeit« ist also hier kürzer als bei den dickeren Hauptwurzeln.

Übrigens ist es leicht einzusehen, dass die Qualität einer tropistischen Reaktion nicht von der Geschwindigkeit des Krümmungsvorganges abhängen kann, sofern nicht zugleich andere Vorgänge mitspielen. Man kennt auch viele Sprosse, die trotz eines sehr langsamen Reaktionsvermögens orthotrop sind. SACHS hat offenbar so rasonniert, dass die Wirkung der Schwere mit dem Sinus des Winkels ab-

nehme, dass daher bei einem gewissen Neigungswinkel der Geotropismus praktisch aufhöre. Ein solches Râsonnement ist aber nicht stichhaltig, das beweisen die Befunde über intermittierende Reizung.

Wir haben in diesem Kapitel gefunden, dass die Seitenwurzeln längere Präsentationszeit aber kürzere Reaktionszeit als die 5—15 Mm. langen Hauptwurzeln aufweisen; das plagiotrope Verhalten der Seitenwurzeln wird durch diese Tatsachen nicht aufgeklärt. Im Kapitel VI werden wir den Krümmungsverlauf der Haupt- und Seitenwurzeln näher verfolgen.

KAP. III. Widerlegung der Auffassungen von Noll und Czapek.

Nachweis, dass die Nebenwurzeln in derselben Weise geotropisch sind wie die Hauptwurzeln.

Da nach dem Vorstehenden von einem »schwachen Geotropismus« der Seitenwurzeln keine Rede sein kann und da dieser Begriff schon aus theoretischen Gründen wenig Nutzen mitbringt, so müssen wir andere Erklärungsmöglichkeiten aufsuchen und der Prüfung unterziehen.

CZAPEK (1895) hat, wie eingangs erwähnt, zwei interessante Tatsachen ermittelt: 1. Dass die Seitenwurzeln, wenn sie unter dem Grenzwinkel geneigt sind, sich aufwärts krümmen und 2. dass diese Aufwärtskrümmung viel langsamer erfolgt als die Abwärtskrümmung der über dem Grenzwinkel gehaltenen Wurzeln.

Zwecks der Erklärung dieser auffallenden Erscheinung hat CZAPEK die Hypothese aufgestellt, dass die Seitenwurzeln zugleich positiv geotropisch und transversalgeotropisch wären. Die über dem Neigungswinkel befindlichen Wurzeln sollen sich so rasch krümmen, weil hier der positive Geotropismus sehr stark wirke, während die langsame Aufkrümmung der vertikal abwärts gestellten Wurzeln darauf zurückgeführt wird, dass der Transversalgeotropismus jetzt gegen den positiven Geotropismus zu kämpfen habe. Diese Hypothese, an die sich in neuerer Zeit W. F. BRÜCK (1904) anschliesst (ohne sie jedoch durch eigene Versuche zu stützen) wird durch CZAPEKS unvollständig mitgeteilte Versuche nicht hinreichend bewiesen. Um ihre Richtigkeit zu prüfen, gehen wir von folgender Überlegung aus.

Ist die Hypothese richtig, so kann das Sinusgesetz für die Seitenwurzeln nicht unmittelbar gelten. Denn durch das gleichzeitige Einsetzen einer transversalgeotropischen Reaktion würde z. B. bei $+45^\circ$ die Reizung stärker als laut dem Sinusgesetz sein.

Reizt man folglich eine Seitenwurzel intermittierend in $\pm 0^\circ$ und in $+135^\circ$ in einem Zeitverhältnis von $\sin 45^\circ : \sin 90^\circ = 0.707 : 1$ und tritt dabei keine Krümmung ein, so ist CZAPEKS Hypothese falsch. Einfacher ist es, die Wurzeln abwechselnd in gleichen Zeitintervallen und in zwei Neigungslagen zu reizen, die um 180° differieren. Besitzen die Seitenwurzeln dieselbe Art von Geotropismus wie die Hauptwurzeln, so kann offenbar alsdann keine Krümmung eintreten. Ist aber CZAPEKS Hypothese richtig, so würden offenbar Krümmungen eintreten in allen Duplexlagen ausser in 0° und 180° . Noch in einer dritten Weise liesse sich endlich ein Urteil über die

Hypothese gewinnen, nämlich durch Prüfung, ob die Horizontallage optimale Reizlage sei. Denn falls positiver Geotropismus und Transversalgeotropismus zusammenwirken würden, so würde die optimale Reizlage, wie leicht einzusehen, etwas über der Horizontallage liegen. Wir werden nunmehr den Ausfall der drei Versuchsreihen schildern.

TABELLE V.

Doppelreizung in gleich langen Intervallen (etwa 2 1/2 Min.)

| Versuch | Temp. | Winkel-Lagen | Grenzwinkel | Ergebnisse |
|---------|-------|------------------|-------------|---|
| 60 | 18° | ± 0° und + 135° | 20°—30° | Nach 3 St. starke Kr. laut der 0°-Lage. |
| 61 | 19° | ± 180° und + 45° | 45° | Nach 3 1/2 St. schwache Kr. laut der 180°-Lage. |
| 67 | 17° | ± 0° und + 160° | 50°—55° | Nach 2 St. starke Kr. laut der 0°-Lage. |
| 100 | 17° | ± 0° und + 160° | | Nach 2 St. schwache Kr. laut der 0°-Lage. |

Die optimale Reizlage liegt, nach dieser Tabelle zu urteilen, jedenfalls unter + 10°. Nach CZAPEK (1898) sollte die optimale Reizlage, da der Neigungswinkel bei *Pisum* etwa — 45° beträgt, bei + 45° liegen, was durch unsere Versuche als unrichtig erwiesen wird.

TABELLE VI.

Doppelreizung in verschieden langen Intervallen.

| Versuch | Temp. | Winkel-Lagen | Reizzeiten | Ergebnisse |
|---------|-------|------------------|------------|--|
| 123 | 16° | ± 0° und + 135° | 0.7 : 1.0 | Nach 6 1/8 St. wird schwache Kr. laut der 0°-Lage sichtbar. |
| 90 | 18° | ± 0° und + 130° | 0.8 : 1.0 | Nach 2 1/2 St. sind vier Wurzeln gerade, eine schwach gekr. laut der 130°-Lage. |
| 130 a | | ± 0° und + 135° | 0.73 : 1.0 | Nach 3 1/2 St. noch keine Krümmung. Nach 6 1/2 St. schwache Kr. laut der letzten Lage, aber wegen Nutationen sind die Winkel-Lagen jetzt + 5° und + 140°! |
| 130 | 16° | ± 180° und + 45° | 0.7 : 1.0 | Nach 4 St. keine Krümmung. Einige Seitenwurzeln, welche in etwa 170° — 175° und 40° — 35° schwingen, zeigen jedoch starke Kr. laut der letzteren Lage. |

Weitere Versuche über die Gültigkeit des Sinusgesetzes wurden nicht angestellt. Denn, wie schon FITTING (1905) für Hauptwurzeln und Epikotyle bemerkt hat, und wie aus den Bemerkungen in obiger Tabelle hervorgeht, braucht es nur kleine Nutationen, um die Wurzeln aus den richtigen Lagen hinauszubringen und den Versuch unbrauchbar zu machen¹. Schon diese wenigen Versuche zeigen aber,

¹ Aus den in Kap. VI mitgeteilten Angaben über die Grösse und Geschwindigkeit der Nutationen sieht man leicht, wie klein die Wahrscheinlichkeit ist, hier einwandfreie Versuche zu bekommen.

besonders wenn man sie mit denjenigen in vorhergehender Tabelle vergleicht, dass auch die Nebenwurzeln mit Wahrscheinlichkeit dem Sinusgesetz gehorchen.

TABELLE VII.

Doppelreizung in gleich langen Intervallen (etwa 2 1/2 Min.). 180° Lagendifferenz.

| Versuch | Temp. | Winkel-Lagen | Ergebnisse |
|---------|-------|------------------|--|
| 68 | 18° | 0° und 180° | Nach 3 St. schwache Kr. laut der 0°-Lage. (Wurzeln in Grenzwinkel 0° zeigen keine Krümmung.) |
| 70 | 15° | 0° und 180° | Keine Kr. nach 6 Stunden. |
| 71 | 16° | 0° und 180° | Keine Kr. nach 6 Stunden. |
| 73 | 16.5° | 0° und 180° | Keine Kr. nach 2 1/2 Stunden. |
| 75 | 17° | 0° und 180° | Nach 4 St. schwache Kr. laut der 0°-Lage. |
| 86 | 17.5° | 0° und 180° | Nach 4 1/2 St. keine Krümmung. |
| 88 | | 0° und 180° | Keine Kr. nach 3 Stunden. |
| 175 | 20° | 0° und 180° | Nach 8 1/4 St. sehr schwache Kr. laut der 0°-Lage. |
| 179 | 19° | 0° und 180° | Keine Kr. nach 3 1/2 Stunden. |
| 165 | 19° | — 10° und + 170° | Keine Kr. nach 3 1/2 Stunden. |
| 175 | 20° | — 90° und + 90° | Keine Kr. nach 8 1/4 Stunden. |
| 71 | 16° | — 130° und + 50° | Keine Kr. nach 6 Stunden. |
| 70 | 15° | — 120° und + 60° | Schwache Kr. laut der 60°-Lage nach 6 Stunden. |
| 163 | 20° | Normal ± 180° | Keine Kr. nach 4 Stunden. |
| 171 a | 19° | Normal ± 180° | Anfangs schwache, später zurückgehende Kr. laut der Normallage. Versuchsdauer 5 St. Registriert. |
| 171 b | 19° | Normal ± 180° | Kr. laut der Normallage in 4 Stunden. Registriert. |
| 172 | 19° | Normal ± 180° | Unbedeutende Kr. laut der N. 180°- Lage in 5 Stunden. Registriert. |
| 173 | 19° | Normal ± 180° | Keine Krümmung. Versuchsdauer 8 Stunden. Registriert. |
| 190 | 18° | Normal ± 180° | Keine Krümmung in 5 Stunden. |

Diese Tabelle bringt die volle Bestätigung, dass die Nebenwurzeln positiv geotropisch in derselben Weise wie die Hauptwurzeln sind. Zu beachten sind namentlich die Versuche mit Reizung Normallage ± 180°. Wären die Nebenwurzeln transversalgeotropisch, so würde sich offenbar dieser Transversalgeotropismus eben bei derartiger Doppelreizung ungehemmt entfalten und ein Einstellen in die Horizontal-lage bewirken, was gar nicht beobachtet wird. Die Versuche beweisen ferner, dass die Nebenwurzeln von *Pisum* keine oder nur eine sehr schwache physiologische Dorsiventralität besitzen, und dass sie nicht nastisch reagieren.

Aus den in diesen drei Tabellen mitgeteilten Ergebnissen geht hervor, dass die Hypothese CZAPEKS (1895) nicht richtig sein kann. Die plagiotrope Orientierung lässt sich daher nicht als eine aus Orthotropismus und Transversalgeotropismus resultierende Lage auffassen.

Wenn nun aber die Seitenwurzeln nur positiven Geotropismus besitzen und, wie im vorigen Kapitel gezeigt, das geotropische Vermögen keineswegs so »schwach« ist, dass SACHS Deutung irgendwelchen Grund für sich hat, so bleiben nur zwei Erklärungsmöglichkeiten zurück: 1. Die Seitenwurzeln sind, wie NOLL (1892) und CZAPEK (1898) behaupten, echt plagiotrope Organe oder 2. Die positiv geotropische

Krümmung wird durch andere, gleichzeitig, aber in antagonistischer Richtung wirkende Faktoren z. T. gehemmt, so dass eine resultierende Stellung (obwohl nicht in CZAPEKS 1895 Meinung) eingenommen wird.

Echt plagiotrope Organe hat man wohl als solche zu definieren, welche in dem Neigungswinkel eine stabile Ruhelage haben und in diese Lage durch tropistische (hier geotropische) Krümmungen zurückkehren, wenn sie nach oben oder unten abgelenkt werden. NOLL (1892 S. 282) vermutet, dass die Stellung plagiotroper Organe in erster Linie bedingt wird durch die eigenartige, von orthotropen Organen abweichende »Orientierung ihrer reizbaren Strukturen«. CZAPEK (1898 S. 242) dagegen betrachtet Orthotropie und Plagiotropie nur als graduell different. Die Seitenwurzeln sollen auf einen »Seitendruck im sensiblen Organ gleich Null gestimmt sein«. Diese theoretischen Vorstellungen sind meiner Ansicht nach ziemlich wertlos. Ich habe sie aber erwähnt, um zu zeigen, was man im allgemeinen unter echter Plagiotropie verstehen dürfte.

Wenden wir uns den Tatsachen zu, so leuchtet ein, dass nach NOLLS und CZAPEKS Vorstellungen die nach unten abgelenkten Seitenwurzeln echt tropistische Aufkrümmungen zeigen würden. CZAPEKS eigene Beobachtungen (1895) haben ergeben, dass die Aufkrümmung bedeutend langsamer eintritt als die Abwärtskrümmung aus Lagen oberhalb des Grenzwinkels. Die von CZAPEK gemachten Versuche mit intermittierender Reizung in gleichen Winkeln ober- und unterhalb des Grenzwinkels werden wir unten erwähnen, da sie in ganz anderem Sinn als bei CZAPEK gedeutet werden müssen. SCHÖBER (1898), welcher den Aufkrümmungsvorgang sorgfältig verfolgt hat, spricht nur von einer Krümmung »aus der Vertikalen«. Der frühere Grenzwinkel wird nach ihm niemals ganz erreicht und der Vorgang spielt sich meistens langsam ab. Über meine eigenen zahlreichen Versuche will ich erst in einer späteren, der Aufwärtskrümmung speziell gewidmeten Abhandlung berichten; hier sei nur in Kürze folgendes erwähnt.

In Normallage ausgewachsene Wurzeln erleiden, wenn sie vertikal abwärts gestellt werden, zwar in der Regel eine Krümmung »aus der Vertikalen«, der Vorgang ist aber sehr grossen Variationen unterworfen. Er kann in 2–3 Stunden beginnen, oder die Wurzeln sind stunden-, ja tagelang ungekrümmt und zeigen nur auffallend starke Nutationen. An Wurzeln, welche am Klinostat gewachsen sind, wird entweder während einer Versuchsdauer von mehreren Tagen gar keine Aufkrümmung beobachtet, wenn sie in Vertikallage plaziert werden, oder die Aufkrümmung spielt sich ausserordentlich langsam ab. Wurzeln, welche kurz vorher eine geotropische Abwärtskrümmung durchgeführt haben, zeigen dagegen, wenn sie unmittelbar in Vertikallage kommen, eine auffallend rasche und ausgiebige Aufkrümmung, obwohl der Vorgang auch in diesem Falle einen etwas anderen Verlauf als bei der tropistischen Abwärtskrümmung nimmt.

Aus diesen kurzen Andeutungen (Näheres über den Vorgang in einer folgenden Abhandlung) scheint hervorzugehen, dass die Aufkrümmung einen ganz anderen Charakter hat als die Abkrümmung. Eine Präsentationszeit in demselben Verstand

wie beim Orthogeotropismus kommt hier nicht vor. Wurzeln, welche bis 5 Stunden in der Vertikallage standen, wiesen nachher am Klinostat gar keine Aufkrümmung auf. In folgender Tabelle sehen wir das Ergebnis eines solchen Versuchs.

Versuch 252. Klinostatierte Wurzeln 5 Stunden in -90° Lage. Dann wieder an den Klinostat gebracht und registriert. Jeweilige Stellung der Wurzelspitzen in Grad angegeben.

| | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 Stunden am Klinostat |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|
| Wurzel 1 | 64° | 66° | 66° | 65° | 68° | 69° | 68° |
| 2 | 75° | 75° | 69° | 72° | 68° | 68° | 67° |
| 3 | 68° | 75° | 72° | 74° | 74° | 72° | 71° |
| 4 | 68° | 66° | 68° | 72° | 73° | 73° | 70° |

Die Abweichungen der Wurzelspitzen von der Anfangslage sind sehr unbedeutend und erfolgen regellos. Nur Nutationen kommen also vor, nicht Krümmungen in einer bestimmten Richtung, woraus folgt, dass in -90° auch in 5 Stunden kein tropistischer Reiz perzipiert wird.

Aus meinen Versuchen kann mit grosser Sicherheit gefolgert werden, dass keine Analogie besteht zwischen der orthogeotropischen Abwärtskrümmung und der unter Umständen beobachteten Krümmung aus der Vertikalen. Nun muss man wohl aber voraussetzen, dass bei echter Plagiotropie in NOLLS und CZAPEKS Meinung die Aufkrümmung nicht prinzipiell von der Abkrümmung abweicht, sondern dass diese Prozesse vielmehr grosse Ähnlichkeiten aufweisen sollten. Namentlich sollte die steil geneigte oder vertikale Lage als direkten tropistischen Reiz empfunden werden. Wenn aber sogar in 5 Stunden (und wahrscheinlich noch viel längerer Zeit) keine zur Ausführung einer Krümmung nötige Reizaufnahme stattfindet, obwohl die Präsentationszeit bei der Abwärtskrümmung nur 12 Minuten beträgt, und wenn dessenungeachtet an normalgewachsenen Wurzeln eine Aufkrümmung in 2—3 Stunden beobachtet worden ist, so leuchtet ohne weiteres ein, dass die Reizvorgänge hier nicht in gewöhnlichem Verstand geotropisch sind. Die Hypothese von dem Plagiogeotropismus der Wurzeln im Sinne NOLLS und CZAPEKS (aus dem Jahre 1898) kann folglich nicht richtig sein. Gehen wir nunmehr zur zweiten Erklärungsmöglichkeit!

Wir lassen einstweilen das Aufkrümmungsphänomen beiseite und betrachten nur die Abwärtskrümmung. Diese verläuft bekanntlich in der Weise, dass die Abwärtsbewegung der Wurzelspitze bei einem gewissen Winkel aufhört. Da nun, wie wir gefunden haben, die Krümmung alle Zeichen einer positiv geotropischen Bewegung trägt, so entsteht die Frage: Durch welchen oder welche Faktoren wird die positiv geotropische Krümmung der Seitenwurzeln in einem bestimmten Winkel zur Lotlinie gehemmt?

Da die Bedingungen sonst konstant sind, scheinen mir nur zwei Möglichkeiten in Frage kommen können, dass nämlich die Hemmung 1. auf Autotropismus

oder 2. auf einer besonderen von der tropistischen Induktion verschiedenen Wirkung der Schwerkraft beruhe.

Der Autotropismus kann in zwei Formen auftreten. NOLL (1894) hat die Hypothese verfochten, dass die Seitenwurzeln infolge einer ausgeprägten, auf »Morphästhesie« beruhenden Eigenrichtung ihre schräge Lage bekommen. Schon DUTROCHET (1824) hat eine ähnliche Ansicht geäußert (siehe S. 4). PRINGSHEIM (1912 S. 74) glaubt, dass die Grenzwinkel(Normal-)Stellung der Seitenwurzeln aus einer Kombinationswirkung von einem inneren Reiz und »Plagiogeotropismus« hervorgeht. CZAPEK (1895, 1898), PFEFFER (1904) u. a. Forscher weisen aber die DUTROCHET-NOLL'sche Auffassung zurück. In meinen eigenen Untersuchungen habe ich auch keine Belege für eine nennenswerte Mitwirkung von inneren korrelativen Richtungsreizen für die Erreichung des Grenzwinkels auffinden können. Man muss daher streng unterscheiden zwischen dem Eigenwinkel der Wurzeln, den sie am Klinostat einnehmen, und dem geotropischen Neigungswinkel, den sie unter dem Einfluss der Schwerkraft erreichen. Die letztere hat mit dem ersteren nichts oder doch sehr wenig zu tun.

Schon der einfache SACHS'sche Umkehrungsversuch beweist die Unzulänglichkeit der NOLL'schen Hypothese. Nach NOLL müsste man eine inhärente physiologische Dorsiventralität der Nebenwurzeln annehmen, infolge der sie aus inneren Ursachen einen gewissen Winkel mit der Hauptwurzelspitze bildeten. Kehren wir aber die Pflanze um, so wird der geotropische Grenzwinkel fortwährend annähernd dieselbe, obwohl sie nach NOLL wohl grösser (infolge der gegenwirkenden »Morphästhesie«) ausfallen würde. Ich will ein solcher Umkehrungsversuch mit Wurzeln im SACHS'schen Wurzelkasten anführen.

TABELLE VIII.

Gleichgew. \wedge der Nebenwurzeln von drei Pflanzen in Erde. Temp. 17°.

| | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° | 70° | 75° | 80° | 85° | 90° | 95° | |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| Normallage | — | 1 | 2 | 6 | 15 | 6 | 8 | 4 | 2 | 2 | — | — | — | — | M = 56.7° |
| 24 St. in umgek. Lage. | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | — | M = 65.5° |
| 48 St. wieder in Normallage | — | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 7 | 4 | 4 | — | — | — | — | — | M = 59.2° |

In diesem Versuch wird also der geotropische Grenzwinkel durchschnittlich wenig geändert beim Umkehren der Hauptwurzel. Der geringe Zunahme des Mittelwerts um 8.8° in der umgekehrten Lage ist nicht hinreichend gross, um die Anwesenheit einer morphästhetischen Reizwirkung zu beweisen. Durch Ausdehnung der Versuche auf eine grössere Zahl von Pflanzen liesse sich wohl übrigens diese Frage leicht entscheidend beantworten. Für mich kam es vorläufig nur darauf an, zu zeigen, dass die Morphästhesie, wenn sie überhaupt für den geotropischen Neigungswinkel eine Rolle spielt, nur sehr wenig einflussreich ist. Die plagiotrope Lage überhaupt muss durch ganz andere Hemmungsfaktoren zustandekommen.

Eine zweite und viel genauer studierte Form des Autotropismus ist die tropistische Ausgleichungsbewegung. Dieser Autotropismus spielt ja schon bei den Krümmungen orthotroper Organe mit hinein. Die Abflachung des Krümmungsbogens wird auf eine bald nach der geotropischen Reaktion einsetzende autotropische Ausgleichung zurückgeführt. Auch bei der Abwärtskrümmung der Nebenwurzeln kommt eine autotropische Abflachung des Krümmungsbogens vor (s. Kap. VI). Es liesse sich nun denken, dass die autotropische Ausgleichung hier energischer vor sich ginge als bei den Hauptwurzeln, so dass aus diesem Grund die Wurzelspitze niemals die vertikale Lage erreichte.

Diese Möglichkeit liesse sich wohl durch eingehenden Vergleich der geotropischen und autotropischen Bewegungen hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit und Amplitude bei verschiedener Reizdauer prüfen. Auf diesen umständlichen Weg brauchen wir aber nicht einzuschlagen. Denn wir werden im folgenden Kapitel einen anderen, viel wichtigeren Hemmungsfaktor kennen lernen. Nachdem wir dies getan haben, wird es ein Leichtes sein, die wahre Bedeutung der autotropischen Bewegung zu erkennen.

Wir gehen also jetzt gleich zur Betrachtung der zweiten der oben aufgestellten Möglichkeiten hinüber, nämlich ob nicht die Schwerkraft selbst zugleich tropistisch und bewegungshemmend wirke.

KAP. IV. Die Schwerkraft als hemmenden und ausgleichenden Reiz. Die wahre Natur der plagiotropen Gleichgewichtslage der Wurzeln.

Dass die Schwerkraft als tropistischen Hemmungsreiz wirken kann, wurde zuerst von Fräulein RISS (1913) nachgewiesen. Sie hat nämlich gefunden, dass die geotropische Induktion eine schwächere Reaktion erzeugt, wenn die Keimwurzeln während der Latenzzeit in Ruhelage verharren, als wenn sie gleich nach der Reizung an der horizontalen Klinostatachse rotiert werden. Bei Reizung unter einem kleineren Winkel als 90° wirkt ferner diejenige Komponente der Schwerkraft, welche in der Längsrichtung der Wurzel verläuft, hemmend auf die tropistische Reizwirkung der Querkomponente.

Einige Versuche mit den Nebenwurzeln erweckten in mir den Verdacht, dass hier die Längskraft sehr stark hemmend wirke. Ich reizte die Nebenwurzeln länger als die Präsentationszeit in 0° -Lage und stellte sie dann vertikal abwärts (-90°). Es zeigte sich dann, dass entweder gar keine Reaktion eintrat oder dass die auftretende Krümmung sehr schnell ausgeglichen wurde. War schon vor dem Vertikalstellen eine Krümmung eingetreten, ging sie ebenfalls bald zurück. Die Versuche ergaben also, dass nicht nur ein Hemmen der geotropischen Krümmung stattfand, sondern (an lange gereizten Wurzeln) auch eine sehr energische Auslöschung, ein schneller Ausgleich der schon eingetretenen Krümmung. Ich entschloss daher, das Phänomen einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen.

Zu diesem Zweck wurden zuerst zwei Versuchsreihen mit normalgewachsenen Nebenwurzeln gemacht. Dieselben wurden in 0° -Lage oder 180° -Lage gereizt, dann wieder in Normallage gebracht oder aber in bestimmte Lagen unter dem Grenzwinkel gestellt. In der ersten Versuchsreihe wurde der Krümmungseffekt, wie gebräuchlich, nach Augenmass geschätzt; in der zweiten Reihe wurde registriert. Die ausführlichen Protokolle kann ich des Raumes wegen nicht mitteilen, hier sind nur die Mittelwerte der einzelnen mit vier bis neun Pflanzen (10–30 Nebenwurzeln) angestellten Versuche aufgeführt.

TABELLE IX.

A. Erste Versuchsreihe.

| Versuch. | Temp. | Reizdauer und Reizlage | Dann in | Zahl der gekr. Wurzeln in Prozent | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------------------------------|------------|-----------------------------------|-----|-----|-------|-----|--------|-----|-------|---|-------|-----|-----------|
| | | | | 0 | 1/2 | 1 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 4 | 4 1/2 | 5 | 6 Stunden |
| a 157 | 26.5° | 20 Min. in 0° | Normallage | 0 | 7 | 15 | 44 | 44 | 26 | 11 | — | — | — | — | — |
| b 153 | 26° | 60 Min. in 0° | Normallage | 0 | — | 66 | 78 | 21 | 12 1/2 | — | — | — | — | — | — |
| c 176 | 27° | 20 Min. in 180° | Normallage | 0 | — | 0 | 0 | —11 | — | — | — | — | — | — | — |
| d 177 | 26.5° | 20 Min. in 180° | Normallage | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | — |
| e 151 | 25° | 60 Min. in 180° | Normallage | 0 | — | 88 | 60 | —20 | —44 | —20 | —20 | — | — | —12 | — |
| f 159 | 27° | 20 Min. in 0° | — 90° | 0 | — | 19 | — | 31 | —44 | —50 | — | — | — | — | —94 |
| g 154 | 26.5° | 60 Min. in 180° | — 90° | 0 | — | 72 | < 72 | 22 | 11 | 22 | — | — | — | 28 | — |
| h 160 | 26° | 30 Min. in 0° | —110° | 0 | — | 38 | —50 | —71 | —79 | —79 | — | — | — | — | — |
| i 158 | 26.5° | 20 Min. in 0° | Inverslage | 0 | — | 8 | —42 | —60 | —60 | — | — | — | — | 0 | — |
| k 156 | 27° | 60 Min. in 0° | Inverslage | 0* | — | 100 | <100 | 0 | —50 | —30 | — | — | — | — | — |

B. Zweite Versuchsreihe.

| Versuch. | Temp. | Reizdauer und Reizlage | Dann in | Durchschnittliche Ablenkung der Wurzelspitzen in Grad | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|------------------------------|-----------------|---|-----|-------|--------|--------|--------|-----------|-------|---|--------|-----------|--|
| | | | | 0 | 1/2 | 1 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 4 | 5 | 6 Stunden | |
| l 182 | 27° | 20 Min. in 0° | Normallage | 0 | — | 17.1 | 17.5 | 14.9 | 14.9 | 16.4 | — | — | — | — | |
| m 183 | 26°—27° | 30 Min. in 0° | Normallage | 0 | — | 6.7 | 7.3 | 5.5 | 5.9 | 5.8 | — | — | — | — | |
| n 192 | 26° | 25 Min. in 180° | Normallage | 0 | 4.1 | 0.5 | — | — 1.6 | — 1.3 | — 1.3 | — | — | — | — | |
| o 185 | 26° | 25 Min. in 0° | — 60° à — 70° | 0 | — | — 6 | — 5.7 | — 4.7 | — 3.5 | — 4.1 | — | — | — | — | |
| p 198 | 26.5° | 30 Min. in 180° | — 65° à — 70° | 0 | — | 2.3 | — 7.4 | — 9.4 | 0 | 0 | — | — | — | — | |
| q 200 | 26° | 30 Min. in 180° | — 65° à — 70° | 0 | 0.6 | 0.1 | 0.7 | — 1.9 | — 1.8 | 0.5 | — | — | — | — | |
| r 184 | 27°—28° | 22 Min. in 0° | — 90° | 0 | — | — 4.5 | — 7.8 | — 9.8 | — 10.6 | — 11.4 | — | — | — | — 19.5 | |
| s 209 | 27°—28° | 80 Min. in 0° | — 90° | 0 | — | 15 | 16.6 | 4.2 | 0.8 | — 0.5—0.6 | — | — | — | — | |
| t 195 | 26.5° | 30 Min. in 180° | — 90° | 0 | 1.4 | 3.1 | — 0.8 | 1.2 | 4.8 | 4.3 | — | — | — | 6.1 | |
| u 187 | 26°—27° | 35 Min. in 0° | — 120° | 0 | — | 1.3 | — 5.3 | — 8.1 | — 11.3 | — 12.6 | — | — | — 14.9 | — | |
| v 200 | 26° | 30 Min. in 180° | — 110° à — 115° | 0 | 0.6 | 1.0 | — 1.7 | 0 | — 0.4 | — | — | — | — | — | |
| x 208 | 25°—26° | 30 Min. in 180° | — 110° à — 120° | 0 | 4.6 | 4.6 | 5.8 | 5.3 | — | — | — | — | — | — | |
| y 189 | 26° | 27 Min. in 0° | Inverslage | 0 | — | — 6.7 | — 12.8 | — 11.6 | — 10.6 | — 14.3 | — | — | — 15.7 | — | |

Anmerkung. Alle Krümmungen, welche im Sinn der Reizung eintreten, werden mit positivem Vorzeichen bezeichnet, die anderen mit negativem Vorzeichen. Die Richtung der Krümmung im Verhältnis zur Hauptachse wird man jedoch immer leicht aus den Angaben über die Reizlage herausfinden; denn diese wird nach den S. 15 erwähnten Gründen bezeichnet.

Diese Tabelle enthält viele wichtige Resultate. Da die Reizdauer zumeist 20—30 Minuten beträgt und die Präsentationszeit nur etwa 12 Minuten war (S. 19), so würde man überall starke Krümmungen erwarten. Eine einigermaßen starke positive Reaktion tritt aber nur in der normalen Gleichgewichtslage ein, aber auch dann nur, wenn vorher in 0°-Lage gereizt wurde. Nach 20—30 Min. Reizung in 180°-Lage wird später in der Normallage überhaupt keine sichtbare positive Reaktion

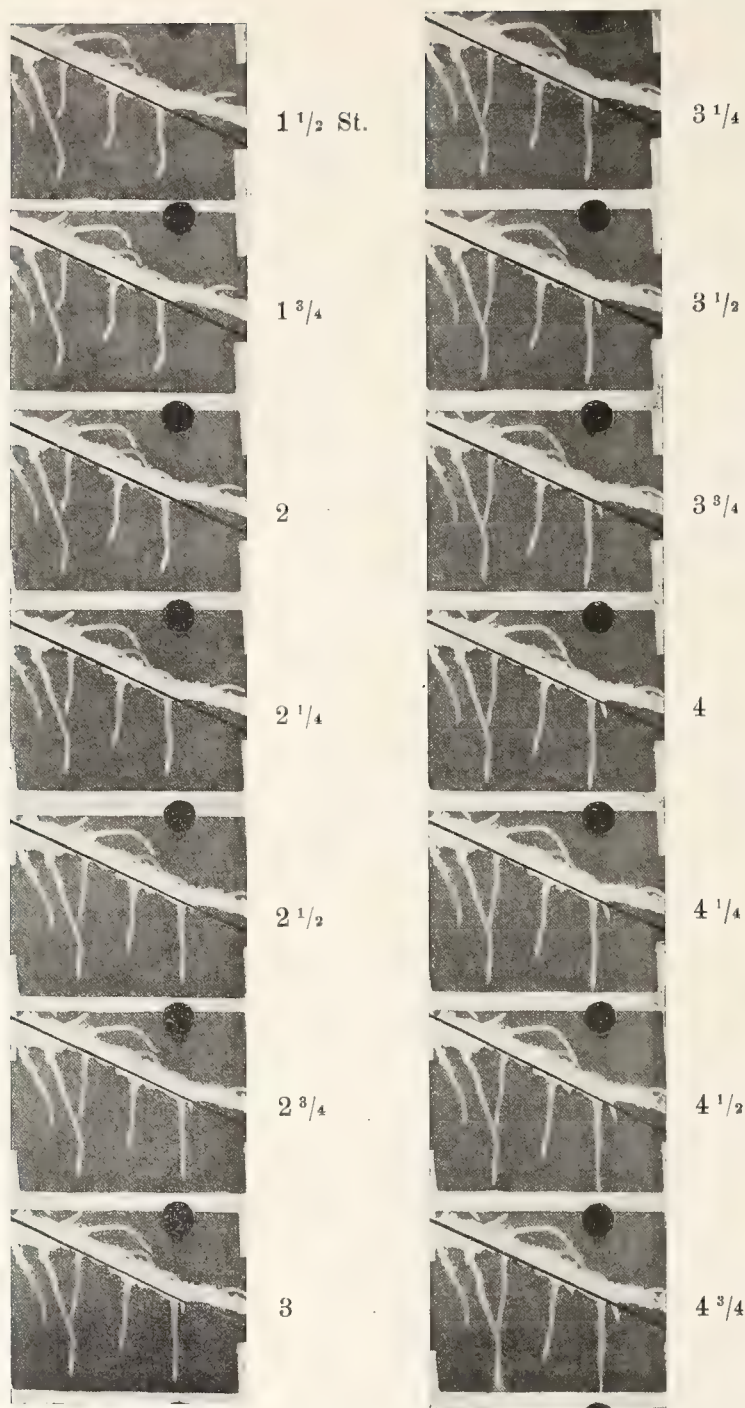


Fig. 4.

Versuch 232. Die hier dargestellte, auf $\frac{2}{3}$ verkleinerte Versuchsreihe beginnt mit dem Vertikalstellen der vorher $1\frac{1}{4}$ Stunden in $\pm 180^\circ$ -Lage gereizten Wurzeln. Siehe auch Textfig. 12.

Inverswinkeln (-70° u. -60°). Auch in der Normal-Inverslage ($-90^\circ + [-$ Neigungs $\wedge]$) ist die Hemmung und die negative Reaktion viel stärker als in der Normallage (Neigungs \wedge). Dies beruht nun offenbar darauf, dass in den negativen Winkeln, die grösser als -90° sind, auch eine neue geotropische Induktion hinzukommt, die gegen die ursprüngliche geotropische Reizung arbeitet.

beobachtet. Erst nach längerer Reizung (60 Min.) tritt dann Reaktion ein, diese schlägt aber bald in eine negative Reaktion über.

Geben wir also zuerst auf die Reizungen in 0° -Lage acht und verfolgen die Nachwirkungen, von der Normallage ausgehend, durch die unteren Quadranten (also in dieser Folge: -70° , -90° — 120° , Inverslage), so finden wir, dass die Reaktion schon in -70° , d. h. wenig unterhalb der normalen Gleichgewichtslage, unscheinbar wird und zu meist in eine schwache negative Reaktion übergeht. In -90° ist diese negative Reaktion sehr auffallend. Sogar nach einer vorausgehenden Reizung von 80 Minuten (also weit mehr als die Reaktionszeit) ist die positive Reaktion mittelmässig (16.6°) und geht sehr schnell zurück (s); vgl. Fig. 4. Die Hemmung ist in dieser Lage offensichtlich stärker als in -60° à -70° und sehr viel stärker als in der Normallage.

In -110° , -120° weicht die Hemmung und die sekundär eintretende negative Reaktion nicht sehr vom Verhalten in -90° ab. Bemerkenswert ist der Unterschied vom Verhalten in den

Die Längskraft nimmt offenbar in gleichen Neigungslagen rechts und links von der — 90°-Lage in gleichem Grade ab. Kommt nun aber in — 110°, — 120° und der Normal-Inverslage diese entgegengesetzte geotropische Reizung hinzu, so wird natürlich die Hemmung hierdurch verstärkt. Und, wie wir in einer zweiten Abhandlung sehen werden, kommt nach starker Hemmung der primären positiv geotropischen Reaktion die negativ geotropische Reaktion als eine sekundäre Erscheinung zum Vorschein. Um nicht die Darstellung allzu schwer zu machen, sehen wir hier zunächst von der negativen Reaktion ab (dieselbe wird in Teil II geschildert) und richten die Aufmerksamkeit auf den Ausgleichungsvorgang.

Dass die Hemmung und der Ausgleich der geotropischen Reaktion mit grosser Intensität einsetzt, ist aus der Tabelle IX ohne weiteres ersichtlich. Eine genaue Vorstellung von der Abstufung des Längsreizes in verschiedenen Neigungslagen vermittelt die Tabelle nicht. Hierzu wären viel ausgedehntere Versuche nötig, aber wegen der in allen Lagen ausser in der — 90°-Lage zugleich stattfindenden geotropischen Induktion haben solche Versuche schon von vornherein wenig Aussicht auf Erfolg. Wir können aber schon jetzt mit Bestimmtheit sagen, dass die Hemmung in der Normallage bedeutend schwächer ausfällt als unter der Normallage.

Findet nun in der Normallage überhaupt eine Reaktionshemmung statt? Diese wichtige Frage lässt sich durch einen Vergleich mit der Reaktion an klinostatierten Wurzeln beantworten. In folgender Tabelle sind eine Reihe von Versuchen an Pflanzen verzeichnet, welche vor der Reizung 24 Stunden am Klinostat rotierten und welche nach der Reizung ebenfalls am Klinostat gedreht wurden. Auch hier wurden zwei Reihen von Versuchen gemacht, mit Registrierung und ohne solche. Im Übrigen gilt für diese Tabelle dasselbe wie für die vorhergehende.

TABELLE X.

Wurzeln etwa 24 Stunden am Klinostat gewachsen. Nach der Reizung wieder am Klinostat.

| Versuch. | Temp. | Reizdauer und Reizlage | Zahl der gekrümmten Wurzeln in Prozent | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|------------------------------|---|------|------|-------|------|-------|------|-------|---|---|----|-----------|
| | | | 0 | 1/2 | 1 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 4 | 5 | 6 | 7 Stunden |
| 166 | 26° | 20 Min. in 0° | 0 | 38 | 70 | 62 | 38 | — | — | — | — | — | — | — |
| 162 | 26° | 30 Min. in 0° | 0 | 7 | 79 | 93 | 79 | 86 | 79 | — | — | — | — | — |
| 167 | 27° | 20 Min. in 180° | 0 | — | 50 | 58 | 41 | 25 | — | — | — | — | — | — |
| 169 | 28° | 30 min. in 180° | 0 | 62 | 92 | 92 | 92 | 92 | 92 | — | — | — | 70 | — |
| | | | Durchschnittliche Ablenkung der Wurzelspitzen in Grad | | | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 1/2 | 1 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 4 | 5 | 6 | 7 Stunden |
| 201 | 26.5° | 25 Min. in 0° | 0 | — | 13.1 | 13.1 | 14.2 | 13.8 | 13.5 | — | — | — | — | — |
| 203 | 7° | 25 Min. in 180° | 0 | 15.9 | 22.8 | 25.7 | 22.5 | — | 23.8 | — | — | — | — | — |
| 207 | 27 5° | 25 Min. in 180° | 0 | 8.9 | 12.5 | 16.7 | 17 | 19 | 18.1 | — | — | — | — | — |

Aus dieser Tabelle im Vergleich mit der Vorhergehenden sieht man sehr deutlich, dass die Krümmung durchschnittlich stärker ausfällt, wenn die Objekte am Klinostat rotieren, als wenn sie sich in normaler Gleichgewichtslage befinden. Es ist somit sehr wahrscheinlich, dass in dieser Lage schon eine beträchtliche Hemmung der Reaktion stattfindet. Eine andere wichtige Tatsache, die aus obiger Tabelle hervorgeht, ist die Übereinstimmung der Reaktionen in 0° -Lage und 180° -Lage. An normalgewachsenen Wurzeln war der Erfolg nach Reizung in diesen beiden Lagen sehr verschieden (vgl. Tabelle IX), indem nach 20—30 Min. Reizung in 180° -Lage fast gar keine Reaktion eintrat.

Man könnte vermuten, dass die 180° -Reizung deshalb später in Normallage keine Reaktion auslöst, weil die zu erwartende Krümmung eine Aufkrümmung wäre und die Wurzelspitze deshalb gleich in die entgegengesetzte Reizlage eintreten würde. Es ist aber schwierig einzusehen, warum doch überhaupt keine sichtbare Reaktion eintritt, da die neue Reizung erst eintreten könnte, wenn eine reale Aufkrümmung über der Normallage stattgefunden hätte. Man wird demgemäss veranlasst zu fragen: Ist die Normallage wirklich eine geotropisch reizlose Lage (dass der Hemmungsreiz hier aufgenommen wird, wissen wir schon) oder findet in derselben eine stetig gehemmte, geotropische Induktion statt?

Um diese Frage zu beantworten, brauchen wir nur die in normaler Gleichgewichtslage gewachsenen Wurzeln in eine Lage zu versetzen, in der keine einseitige Reizinduktion stattfindet. Am einfachsten geschieht dies an der horizontalen Klinostatachse. Mehrere solche Versuche wurden von mir angestellt. In der Regel wurde eine bald eintretende Krümmung der Wurzelspitzen abwärts beobachtet. Zur Verdeutlichung gebe ich hier einen Versuch in Verkürzung wieder (Mittel aus fünf Wurzeln).

TABELLE XI.

Versuch 215. Temp. 26° . Aus der Normallage an die horizontelle Klinostatachse. Hauptwurzel \parallel Achse. Durchschnittliche Ablenkung der Wurzelspitzen (im Sinn einer Reizung in Normallage).

| 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 | $2\frac{1}{2}$ | 3 | $3\frac{1}{2}$ Stunden |
|-----------|---------------|-------------|----------------|--------------|----------------|-------------|---------------------------|
| 0° | 5.6° | 8.2° | 11° | 10.8° | 8.8° | 7.6° | 8.6° |

Statt der kontinuierlichen Klinostatdrehung kann man selbstverständlich Doppel-Reizung in zwei um 180° divergierende Lagen verwenden (vgl. S. 23). Die Ergebnisse von zwei solchen Versuchen sind hier zusammengestellt.

Temperatur: 26°. Aus der Normallage an den intermittierenden Klinostat

| | 0 | 1 | 1 1/2 | 2 | 3 | 4 Stunden |
|------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Versuch 262 (Mittel aus 3 Wurzeln) | 0 | 10.3° | — | 19.0° | 16.7° | 16.7° |
| „ 264 „ „ „ | 0 | 9.3° | 10.0° | 10.3° | 8.0° | 7.0° |

Wir finden aus diesen drei Versuchen, dass in der normalen Gleichgewichtslage eine beträchtliche geotropische Reizaufnahme stattfindet. Denn die Grösse der Nachwirkung weicht nicht sehr von derjenigen in Tabelle X ab.

Die Normallage ist also keine Ruhelage, keine reizlose Grenzwinkellage, sondern eine Gleichgewichtslage, in der eine fortwährende geotropische Reizung stattfindet, obwohl diese wegen der gleichzeitigen Hemmungswirkung der Längskomponente zu keinem sichtbaren Resultat führen kann. Versetzt man aber die Wurzel an den Klinostat, so wird die Hemmung beseitigt und die positiv geotropische Bewegung kann ungestört ihren Gang haben. Reizt man statt dessen die Wurzel in 0°-Lage und bringt sie in Normallage zurück, so hat offenbar die geotropische Reizung gegenüber der Schwerkrafthemmung eine Verstärkung erfahren, das Gleichgewicht wird zugunsten einer positiv geotropischen Bewegung verschoben. Reizt man umgekehrt in 180°-Lage, so wird offenbar ein grosser Teil dieser Reizmenge zur Neutralisierung des schon in der Normallage vorhandenen Reizzustandes verbraucht. Wir müssen daher hier viel länger reizen, um den gleichen Effekt zu erzielen. An klinostatierten Pflanzen kommt der Unterschied zwischen 0° und 180° offenbar deshalb nicht vor, weil die Wurzeln hier von vornherein ungereizt sind.

Aus den obigen Angaben lässt es sich leicht mit Zahlen nachweisen, dass die Reizung normalgewachsener Wurzeln in 180° einen viel schwächeren Effekt hat als die Reizung in 0°. In Versuch 215 entspricht der Krümmungserfolg etwa einer Reizung von 12—15 Minuten in 0°-Lage (siehe unten Tab. XV). In Tabelle IX haben wir die Wurzeln 20—25 Minuten gereizt. Da nun bei Reizung in 180°-Lage der vorhandene Reizzustand zuerst neutralisiert wird, so beträgt der Überschuss nur etwa 10 Min. Reizung, was etwas weniger als die Präsentationszeit ist. Diese Reizmenge wird aber wahrscheinlich noch mehr neutralisiert dadurch, dass der Rückkehr in die Normallage vor dem Ablauf der Reaktionszeit erfolgte. Wir müssen daher mehr als 30 Min. in 180°-Lage reizen, um später in der Normallage eine sichtbare Aufkrümmung zu bekommen. In Tabelle IX (Versuch 151) wurde auch nach 60 Min. während der Reizung ein deutlicher Effekt beobachtet.

Zum Nachweis der Reizperzeption in der normalen Gleichgewichtslage kann man auch die Wurzeln intermittierend in zwei beliebigen um 180° divergierenden Lagen halten (sehen oben, Versuche 262—264). Wir verstehen jetzt, warum in Tabelle VII in einigen Fällen bei Doppelreizung in 0° und 180° oder in Normal \pm 180° eine schwache Krümmung im Sinn der erstgenannten Lage beobachtet wurde. Sie rührte von dem schon vor Beginn des Versuchs vorhandenen, in der Normallage erzeugten

Reizzustand her. Dass diese Nachkrümmung nicht immer beobachtet wurde, kann auf ihrer relativ geringen Stärke beruhen. Nur durch exakte Registrierung und Messung lässt sie sich genau verfolgen. Wir sehen auch jetzt ein, warum die Präsentationszeit an klinostatierten Pflanzen bestimmt werden muss. Bestimmungen an Pflanzen, welche vor und nach der Reizung sich in Normallage befinden, liefern vollständig irreführende Ergebnisse.

Die im vorhergehenden Kapitel ermittelte Tatsache, dass die Nebenwurzeln positiv geotropisch empfindlich sind, wird durch den Nachweis einer positiv geotropischen Induktion in der normalen Gleichgewichtslage bestätigt. Da der Gleichgewichtswinkel bei *Pisum* etwa 45° – 50° beträgt, so muss hier dauernd eine beträchtliche Reizmenge perzipiert werden, wie auch die Versuche in Tab. XI gezeigt haben. Theoretisch muss natürlich, sofern die Nebenwurzeln wirklich positiv geotropisch sind, eine tropistische Perzeption auch in den Lagen unter dem Gleichgewichtswinkel, nur nicht in -90° , stattfinden. Es gelingt tatsächlich, dieses zu beweisen, und zwar auf zwei Wegen.

Der eine Weg besteht darin, dass man klinostatierte Pflanzen in die zu prüfende Lage bringt und sie nach einiger Zeit wieder auf den Klinostat versetzt. Tritt dann eine Krümmung ein, so ist damit bewiesen, dass eine tropistische Induktion stattgefunden hat. Ich will hier einen solchen registrierten Versuch wiedergeben. Zuerst folgt eine Tabelle über die Bewegungen während des Aufenthaltes in den betreffenden Neigungslagen.

TABELLE XII.

Versuch 252. Temp. $25,5^{\circ}$. Pflanzen nachtüber am Klinostat gewachsen. Dann in die angegebenen Lagen versetzt. Ablenkung der Wurzeln in Grad.

| Winkel | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 | $2\frac{1}{2}$ | 3 Stunden |
|---|---------------|---------------|-----|----------------|-----|----------------|-----------|
| (Bedeutung der Vorzeichen wie in vorhergeh. Tabellen) | | | | | | | |
| — 60 | 0 | 6 | 9 | 7 | 3 | 2 | — |
| — 65 | 0 | 8 | 10 | 8 | 6 | 5 | — |
| — 70 | 0 | 4 | 6 | 3 | 4 | 2 | — |
| — 70 | 0 | 6 | 5 | 3 | — 1 | — 2 | — |
| — 90 | 50 | 51 | 43 | 49 | 45 | 42 | 44 |
| a — 100 | 0 | — | 0 | — 4 | — 3 | — 3 | — 4 |
| — 104 | 0 | — 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 |
| b — 105 | 0 | — | — 4 | 5 | — 2 | 3 | 1 |
| — 110 | 0 | 3 | 4 | 6 | 8 | 8 | 10 |
| c — 115 | 0 | — | 10 | 5 | 4 | 2 | — 4 |
| d — 120 | 0 | — | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 |

Anmerkung. Für -90° wird die ursprüngliche Lage der Wurzelspitze mit 50° , d. h. mit dem Durchschnittswert des normalen Gleichgewichtswinkels bezeichnet. Die Abweichungen aus der -90° -Lage können ja nicht tropistischen Induktionen zugeschrieben werden.

Aus dieser Tabelle sehen wir, dass die Bewegungen der Wurzeln sehr geringfügig sind. Bemerkenswert ist allerdings die Tatsache, dass die Abweichungen zumeist

positiv sind, was eine, zwar geringe, positiv tropistische Induktion zu beweisen scheint. In den meisten Fällen (besonders deutlich in -60° , -65° und -115°) erreicht auch diese positive Abweichung ihren grössten Wert nach einer Stunde, um später auf einen niedrigeren Wert zurückzugehen. Nach $2\frac{1}{2}$ Stunden sind daher die Wurzeln wieder fast ganz gerade. Ich deute mir die Sache so, dass zuerst eine geotropische Krümmung ausgelöst wird, um aber sehr bald durch die Tätigkeit der (bei diesem kleinen Neigungswinkel sehr starken) Längskraft gehemmt und ausgeglichen zu werden. Wir wollen nunmehr zusehen, wie sich dieselben Wurzeln verhalten, wenn sie an den Klinostat zurückgebracht werden.

TABELLE XII. (Fortsetzung.)

Versuch 252. Forts. Temp. 25.5° . Pflanzen wieder an den Klinostat. Ablenkung in Grad.

| | Winkel (vgl. oben) | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 Stunden |
|----------|-----------------------|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| <i>a</i> | — 98 | 0 | — | — 3 | — 1 | — 6 | — 5 | — 6 | — | — |
| | — 100 | 0 | — | 4 | 1 | 3 | 2 | — 3 | — 2 | — 3 |
| <i>b</i> | — 105 | 0 | — | — 1 | 6 | 10 | 14 | 17 | 14 | 12 |
| <i>c</i> | — 115 | 0 | — | — | 5 | — | 7 | 8 | 7 | 8 |
| <i>d</i> | — 120 | 0 | — | 4 | 4 | 7 | 9 | 14 | 16 | 19 |
| | — 122 | 0 | — | 6 | 6 | 4 | 5 | 1 | 2 | 2 |

Anmerkung. *a*, *b*, *c*, *d* entspricht den in vorstehender Tabelle aufgenommenen Wurzeln. Die beiden anderen sind neu hinzugekommen.

Die Fortsetzung des Versuchs zeigt also, dass die Ablenkungen auch jetzt, wenigstens in den ersten Stunden, klein sind. Wir bemerken jedoch, dass die meisten von ihnen ebenfalls positiv sind, so dass sie wohl im Sinn einer positiv geotropischen Reaktion gedeutet werden können. Dieses um so mehr, als die gleichzeitig gemessenen Ablenkungen vorher in -90° stehender Wurzeln nicht nur nach einer Seite gerichtet sind, also bloss Nutationen vorstellen.

Leider wurde die erste Stunde nach dem Klinostatieren keine Registrierung vorgenommen. Es wäre ja denkbar, dass man dann eine etwas stärkere Krümmung gesehen hätte. Dass die Krümmung, wie aus der Tabelle ersichtlich, in den Reihen *b* und *d* allmählich zunimmt, um nach 6—8 Stunden schon mit blossem Auge wahrnehmbar zu werden, dürfte meiner Ansicht nach auf sekundären, unbekannten Ursachen beruhen. Vergleichende, später mitzuteilende Versuche zeigen nämlich, dass die Krümmung nach schwacher Induktion unter sonst gleichen Bedingungen in etwa 2 Stunden ihren höchsten Wert zu erreichen pflegt, um dann sehr allmählich, auf Grund von Autotropismus, zurückzugehen. — Die sehr geringfügigen, z. T. negativen Ablenkungen in den beiden ersten Querreihen der obigen Tabelle erklären sich leicht aus dem sehr geringen Neigungswinkel (8° , bzw. 10°) unter dem

sie gereizt wurden. Sie verhalten sich ähnlich wie die vertikal gestandenen Wurzeln.

Ein Vergleich der obigen Tabelle mit Tabelle XI lehrt, dass die Ablenkungen hier, wie voraussichtlich, grösser sind als in Tabelle XII. Der Neigungswinkel, in dem die Wurzeln in Tabelle XI gewachsen waren, betrug im Mittel 50.8° , der grösste Neigungswinkel im Versuch 252 beträgt 32° . Die Ablenkung nach zwei Stunden am Klinostat war im letzteren Fall 6° , in Tabelle XI durchschnittlich 13.4° , Werte, die man eben voraussehen könnte.

Durch die oben mitgeteilten Versuche wird also bewiesen, dass nicht nur in der Normallage sondern auch in Lagen, welche unterhalb des Gleichgewichtswinkels liegen, ein tropistischer Reiz perzipiert wird, und dass dieser Reiz um so geringer wird, je kleiner der Neigungswinkel ist.

Es gibt nun auch einen anderen Weg, um die tropistische Induktion in steilen Neigungslagen zu beweisen. Wir erinnern uns, dass Nebenwurzeln, welche aus der Normallage an den gleichförmig oder intermittierend rotierenden Klinostat versetzt werden, eine Abwärtskrümmung erfahren. Man braucht nun aber die Wurzel nur intermittierend in die Gleichgewichtslage und in $+90^\circ$ -Lage (die reizlos ist) zu bringen, um ebenfalls eine tropistische Krümmung hervorzurufen. Dieses Verfahren hat den Vorzug, dass fortwährend neue Reizungen hinzugeführt werden. Die Krümmung entwickelt sich daher stärker als bei gleichmässiger Rotation.

Es leuchtet ein, dass derartige Versuche leicht mit steileren Reizlagen als der Normallage ausgeführt werden können. Die schwachen Krümmungsimpulse summieren sich, so dass der Erfolg deutlicher wird als in dem vorhin beschriebenen Versuch. In den unten zusammengestellten Versuchen mit intermittierender Reizung in $+90^\circ$ und Lagen in oder unter dem Gleichgewichtswinkel wurde zumeist ein etwas grösserer Winkel als $+90^\circ$ gewählt, weil dann keine Gefahr vorlag, dass durch Nutationen oder Krümmungsanfänge eine geringe Reizung in derselben Richtung wie die zu untersuchende Lage auch in der aufrechten Stellung stattfände. Die Versuche bei Zimmertemperatur sind mit der von mir konstruierten mechanischen Intermittenzvorrichtung, diejenigen bei höherer Temperatur im Termostat mit der elektrischen Klinostatvorrichtung (S. 12) angestellt. Die Zeitintervalle waren für die beiden Lagen etwa gleich.

TABELLE XIII.

| Versuch | Temp. | Reizlagen | Anmerkungen | Resultate |
|---------|-------|--|---|--|
| 191 | 18° | — 59° und + 93 1/2° — 54° und + 91 | Gleichgewichtswinkel = die — Lagen | Nach weniger als 2 St. Krümmung im Sinn der — Lage. |
| 197 | 18° | Normallage und + 82°, + 86°, + 75°, + 97° (2 St.) | | Krümmung im Sinn der Normallage in 2 Stunden. |
| 199 | 18.5° | Etwas unter der Normallage und > + 90° | 5—6 Wurzeln | Krümmung im Sinn der Normallage in 2 1/2 Stunden. |
| 202 | 18.5° | — 65° und + 86° | 2 Wurzeln Gleichgew. \wedge — 47° | Nach 1 1/2 St. Krümmung im Sinn der — 65°-Lage. |
| 204 | 19° | — 110° und + 90° | Gleichgew. \wedge — 60° | Nach 2 St. Krümmung im Sinn der — 110°-Lage. |
| 186 | 18° | — 43° und + 92° — 39° und + 96° — 34° und + 101° | Gleichgew. \wedge — 34° — 30° — 25° | In 4 Stunden Krümmung im Sinn der — Lagen. |
| 253 | 25.5° | — 60° und + 90° | Gleichgew. \wedge — < 60° | Nach 1 — 1 1/2 St. Krümmung im Sinn der — Lage. |
| 259 | 24° | — 120° und + 90° | Gleichgew. \wedge etwa — 45°. Registriert | Nach 2 St. Krümmung im Sinn der — 120°-Lage. |
| 260 | 23° | — 110° und + 90° | registriert | Nach 1 1/2 — 2 1/2 St. Krümmung im Sinn der — 110°-Lage. |

Man findet, dass bei dieser Versuchsanordnung die Krümmung niemals ausbleibt und schon in zwei Stunden zum Vorschein zu kommen pflegt. Da zu sämtlichen Versuchen normalgewachsene Pflanzen benutzt wurden, so kommt die in der Gleichgewichtslage schon vorhandene Reizung hinzu. Ein Vergleich mit Tabelle VII und Klinostatversuchen lehrt aber, dass die hierdurch verursachte Krümmung viel schwächer ausfällt als diejenige, die ich in den oben beschriebenen Versuchen beobachtet habe. Die zwischen jeder Pause neu hinzugeführte Reizmenge ist also vornehmlich Schuld an diese Krümmung. Deshalb sind auch die Versuche mit kleineren Neigungswinkeln als den Grenzwinkel beweiskräftig. Noch mehr gilt dieses natürlich von den Versuchen mit Intermittenz in — 110° bis — 120° und + 90°, denn hier findet ja die Krümmung gegen die in der Normallage induzierte Krümmung statt. Die Versuche bestätigen somit die schon in der vorhergehenden Versuchsreihe nachgewiesene Tatsache, dass auch in den Lagen unterhalb des Gleichgew. \wedge :s geotropische Induktion stattfindet.

Wir haben in diesem Kapitel bewiesen, dass die Nebenwurzeln trotz ihres positiven Geotropismus plagiotrop wachsen, weil die Längskomponente der Schwerkraft hemmend und ausgleichend

auf die tropistische Krümmung wirkt. Wir haben auch gesehen, dass die plagiotrope Lage keine Grenzlage, sondern eine dynamische Gleichgewichtslage ist, in welcher fortwährend tropistische Induktion und Hemmung der tropistischen Reaktion stattfindet. Es erheben sich nun betreffs der geschilderten Versuche weitere Fragen, z. B. wie es kommt, dass die geotropische Krümmung am Klinostat oder in $+90^\circ$ -Lage zum Vorschein kommt, obwohl die Querkomponente und Längskomponente der Schwerkraft immer gleichzeitig einwirken. Man hätte ja eher vermuten können, dass gar keine Nachwirkung hervorträte. Wir wollen im folgenden Kapitel diese und andere im Zusammenhang damit stehende Fragen diskutieren.

KAP. V. Zur weiteren Charakteristik des Ausgleichungsreizes und der Gleichgewichtslage.

Für die Tätigkeit der Längskomponente des Schwerkraftreizes liesse sich als theoretisches Minimum drei Alternative aufstellen: Die Hemmung der geotropischen Bewegung erfolgt 1. in der Perzeption, 2. in den duktorischen Prozessen (Reiztransmission) oder 3. in den motorischen Vorgängen (der Reaktion). Welches von diesen theoretisch denkbaren Fällen in der Realität vorkommt, wollen wir nunmehr zu beantworten versuchen.

Die am Ende des vorhergehenden Kapitels vorgeführten Versuche sprechen entschieden gegen die Annahme, dass die Hemmung in der geotropischen Perzeption stattfindet. Wir haben ja gesehen, dass geotropische Perzeption sogar in Neigungslagen unter dem Gleichgew. \wedge stattfindet. Die S. 23 erwähnten Versuche mit Doppelreizung in Lagen, welche um 180° divergieren, beweisen ebenfalls, dass die Perzeption des geotropischen Reizes gar nicht durch den Hemmungsreiz beeinflusst wird. Sonst hätte man ja starke Krümmung im Sinn der Lagen mit positivem Vorzeichen bekommen.

Ob die Längskraft die Reiztransmission hemme oder nicht, ist schwierig zu entscheiden. Denn die »Transmissionszeit« ist bei den Nebenwurzeln sehr kurz. Die Präsentationszeit beträgt ja etwa 12 Min. und die Reaktion kann nach 30 Min. deutlich sichtbar sein, ja, wie die registrierten Versuche lehren, ist die Reaktion unter Umständen nach 10—20 Min. messbar (siehe Kap. VI). Es wäre deshalb ein ziemlich erfolgloses Unternehmen, den Einfluss des Hemmungsreizes auf die duktorischen Prozesse zu verfolgen. Die Frage ist auch von untergeordnetem Interesse, weil wir wissen, dass der Längsreiz sehr heftig ausgleichend auf eine schon begonnene Reaktion wirkt. Der besprochene Reiz beeinflusst also vorwiegend oder ausschliesslich die motorischen Prozesse. Wir brauchen nur ein Blick auf die Versuche in Tabelle IX und auf die Figur 4 zu werfen, um dieses deutlich gewahr zu werden.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Längskraft sowohl die Entwicklung einer beginnenden Reaktion hemmt als auch eine schon entwickelte Reaktion ausgleicht. Prinzipiell sind diese beiden Tätigkeiten wohl nicht verschieden. Denn eine Hemmung, die, wie diese, als eine Reizwirkung aufgefasst werden muss, soll die tropistische Krümmungstendenz wegräumen und diese Tendenz kann wohl nicht als anderes als einen unscheinbaren Krümmungsanfang aufgefasst werden.

Wenn die motorischen Prozesse in ihren Anfängen oder in voller Entwicklung gegengearbeitet werden, das macht hinsichtlich des Mittels keinen Unterschied. Wir dürfen uns also vorstellen, dass durch die Längskraft eine Art von Zurückkrümmung in Tätigkeit versetzt wird.

Der Vorgang besitzt tatsächlich grosse Analogie mit dem Autotropismus. Von diesem unterscheidet er sich aber durch seine erheblichere Geschwindigkeit. Im Versuch 209 (Tabelle IX B) geht die Krümmung durchschnittlich zurück 12.4° in $1/2$ Stunde, die volle Ausgleichung nimmt nur etwa gleich lange Zeit in Anspruch wie die tropistische Krümmung. Man vgl. auch den in Fig. 4 registrierten Versuch 232 sowie die im folgenden Kapitel mitgeteilten graphischen Figuren. Um die relativ gleichen Geschwindigkeiten einer tropistischen Krümmung und der Zurückkrümmung bei Dauerreizung in optimalen Reizlagen (0° bzw. 180° und -90°) zu veranschaulichen, wurde folgender Versuch angestellt.

Vier klinostatierte Pflanzen mit je zwei parallelen Nebenwurzeln wurden in 0° -Lage 67 Min. gereizt. Zwei von ihnen wurden dann in inverse Horizontallage ($\pm 180^\circ$) plziert, die anderen zwei wurden vertikal abwärts (-90°) gestellt. Alle 20 Minuten wurde registriert. In folgender Tabelle sind die Durchschnittswerte angegeben.

TABELLE XIV.

Versuch 213. Temperatur 25° . Reizung 67 Min. in 0° -Lage (0—1 St.).

| Dann: | Durchschnittliche Ablenkung der Wurzeln in Grad | | | | | | | | |
|-------------------|---|------|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|--------|-----------|
| | 0 | 1 | $1\frac{1}{3}$ | $1\frac{2}{3}$ | 2 | $2\frac{1}{3}$ | $2\frac{2}{3}$ | 3 | 7 Stunden |
| 180° -Lage | 0 | 8.2 | 9.7 | 2.5 | — 6 | — 12.3 | — 18.3 | — 19.8 | — 30.3 |
| -90° -Lage | 0 | 13.2 | 9.0 | 1.5 | — 1 | — 3 | — 6 | — | — 12.5 |

Die Krümmung ist in beiden Fällen nach 40 Min. praktisch ausgeglichen. Der Ausgleich erfolgt sogar etwas schneller in -90° als in $\pm 180^\circ$. (Doch findet ja in der schwach geneigten Wurzelspitze eine geringe geotropische Neuinduktion statt.)

Dass an dem Ausgleich in -90° keine anderen Faktoren als der Längsreiz mitbeteiligt sein können, erhellt daraus, dass er gleich schnell vollzogen wird, abgesehen davon, welche Richtung die Bewegung im Verhältnis zur Hauptwurzelachse hat. Es ist einerlei, ob die Krümmung in 0° -Lage oder in 180° -Lage erzeugt wurde, ob sie also akroskop oder basiskop ist. Der Ausgleich in -90° erfolgt in beiden Fällen gleich schnell.

Wichtig zu bemerken ist ferner, dass die Längskraft in ähnlicher Weise ausgleichend wirkt auf Krümmungen im Plan senkrecht zur Insertationsebene der Nebenwurzeln. Für die diesbezüglichen Versuche habe ich mich Kulturen in tiefen Schalen mit geschliffenen Deckeln aus Spiegelglas bedient. In diesen konnte man

die Pflanzen die geeignete Orientierung geben, so dass in der Richtung der Hauptwurzelsachse beobachtet werden konnte.

Die Krümmung bei Reizung in Horizontallage tritt etwa mit der gleichen Schnelligkeit ein wie sonst. In einem Versuch (285) wurden die schwach gekrümmten Wurzeln senkrecht abwärts gestellt. Nach 3 Stunden war die Krümmung wieder ausgeglichen. Ein gleicher Versuch sei etwas ausführlicher mitgeteilt.

Versuch 294. Temperatur 27°.

- 10.47 V.M. Nebenwurzeln in Horizontallage. \perp Insertationsebene gestellt.
- 11.23 » Krümmungsanfang.
- 12.5 N.M. Alle Wurzeln gekrümmt.
- 12.55 » Die Ablenkung beträgt 20°—25°. — Vertikal abwärts gestellt.
- 1.30 » Krümmung schon flacher.
- 2.30 » Die Wurzeln wieder ganz gerade.

Dass der Ausgleich in diesen Fällen nicht durch Autotropismus bedingt wird, geht aus Versuchen hervor, in denen die Pflanzen nach geotropischer Induktion an den Klinostat kamen, und hier kontinuierlich gedreht oder in zwei um 180° divergierende Lagen intermittent gereizt wurden. Die Krümmung blieb in diesem Fall (Versuche 295, 298, 299) schon nach kürzerer Reizung als im Versuch 294 erhalten.

Diese Versuche lehren folglich, dass die Nebenwurzeln in hohem Grad allseits empfindlich sind und keine bemerkenswerte Dorsiventralität besitzen, ein Verhältnis, worauf schon SACHS hingewiesen hat (1874 [1892 S. 867]).

Die eben erwähnten Versuche haben gezeigt, dass autotropische Vorgänge bei dem Reaktionsausgleich in der Vertikallage nicht in nennenswertem Grad mitbeteiligt sind. Auch bei Nebenwurzeln, welche in der Insertationsebene geotropisch gereizt waren, wirkt der Autotropismus viel schwächer und namentlich unvollständiger ausgleichend als die Längskraft. Man ersieht dies aus einem Vergleich der Geschwindigkeit und des Endergebnisses der beiden Bewegungsvorgänge.

Schon aus Tabelle X (S. 31) sieht man, dass nach 25 Min. vorhergehender geotropischer Reizung in 3 Stunden kaum eine Spur von autotropischem Ausgleich auftritt. In Tabelle XI wird dagegen ein geringes Zurückgehen der geotropischen Nachkrümmung beobachtet. Näher wurde der Autotropismus in den folgenden Versuchen untersucht und zwar mittels automatischer Registrierung am intermittierenden Klinostat (6 bzw. 4 Intervalle und 15 bzw. 10 Min. Umdrehungszeit). Die Versuchspflanzen waren auch vor der geotropischen Reizung längere Zeit am Klinostat gewachsen.

Die autotropische Ausgleichung verläuft, wie man aus Tabelle XV sieht, langsamer als die durch Längskraft bewirkte, ein vollständiger Rückkehr in die Anfangslage wird sogar nach 6—7 Stunden nicht erreicht. Wir können jetzt unschwer die S. 27 aufgeworfene Frage beantworten, ob nicht der Autotropismus schuld an die plagiotrope Lage sei. Offenbar ist er zu schwach, um der geotropischen Bewegung

TABELLE XV.

Geotropische Krümmung und autotropische Ausgleichsbewegung.

| Versuch | Temp. | Reizdauer | Reizlage | Lage am Klinostat | Durchschnittliche Ablenkung der Wurzeln in Grad | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|---------------|----------|-------------------|---|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-------|
| | | | | | 0 | 1/2 | 1 | 1 1/2 | 2 | 2 1/2 | 3 | 3 1/2 | 4 | 4 1/2 | 5 | 5 1/2 | 6 | 6 1/2 | 7 St. |
| 249 | 25° | 10 Min. 15 S. | 0° | Achse | 0 | 3.0 | — | 3.5 | — | 1.0 | — | 2.0 | — | — | — | — | — | — | — |
| 249 | 25° | 10 Min. 15 S. | 180° | ⊥ Achse | 0 | 6.0 | — | 3.5 | — | 2.0 | — | 2.0 | — | — | — | 2.0 | — | 2.0 | — |
| 251 | 25° | 12 Minuten | 0° | Achse | 0 | 8.3 | 11.8 | 12.3 | 11.0 | 11.3 | — | 10.5 | — | — | — | — | — | — | — |
| 251 | 25° | 12 Minuten | 180° | ⊥ Achse | 0 | 11.7 | 12.0 | 7.4 | 8.4 | 7.4 | 8.7 | 7.4 | — | — | — | — | 3.7 | — | — |
| 250 | 25.5° | 15 Minuten | 0° | Achse | 0 | 2.3 | 9.8 | 13.0 | 11.5 | 10.0 | 9.8 | 8.8 | 9.0 | 7.8 | 6.8 | 7.5 | 8.0 | 7.0 | 7.5 |
| 239 | 26° | 20 Minuten | 0° | — | a | 0 | 8.3 | — | — | 5.0 | — | 1.7 | — | 4.0 | — | 4.7 | — | 5.7 | — |
| 239 | 26° | 20 Minuten | 0° | — | b | 0 | 11.0 | — | 9.0 | 3.0 | — | 5.0 | — | — | — | — | — | — | — |
| 239 | 26° | 20 Minuten | 0° | — | c | 0 | 11.5 | — | — | 6.0 | — | 4.0 | — | — | — | — | — | — | — |
| 305 | 25.7° | 23 Minuten | 0° | Achse | 0 | 8.0 | 16.0 | — | 10.0 | 9.0 | 12.5 | 10.0 | 9.5 | 8.0 | — | — | — | — | — |

mit Erfolg gegenarbeiten zu können. Selbstverständlich kommt der Autotropismus immer mit im Spiel, die Plagiotropie beruht aber auf der Längskomponente der Schwerkraft.

Dieses ist nach der Art, in welcher der autotropische Ausgleich erfolgt, begreiflich. Ein völliges Geradestrecken wird auch nach 10 Min. Reizung nicht erreicht. Nun haben wir aber gesehen (S. 32 f.), dass in der normalen Gleichgewichtslage eine erhebliche geotropische Reizaufnahme stattfindet, so dass die Reaktion viel stärker als nach bloss 10 Min. Reizung wird. Es wäre nicht möglich, dass durch Autotropismus allein der fortwährende Ausgleich einer so starken Reaktion bewirkt würde. Ausserdem ist der autotropische Ausgleich bei verschieden starker Reaktion verschieden kräftig, so dass ein konstanter Gleichgew. \wedge nicht entstehen könnte. Wie sich die Lage der Wurzelspitze nach einem Gleichgewicht zwischen Geotropismus und Autotropismus gestalten würde, kann man an in feuchter Luft wachsenden Hauptwurzeln sehen. Diese erreichen infolge des geschwächten Geotropismus (vgl. S. 17) selten die Vertikallage, sondern wachsen nach autotropischer Ausgleichung der Spitzenkrümmung mehr oder weniger plagiotrop fort. Der Neigungswinkel ist aber sehr schwankend und die Spitzenzone weist ab und zu kleine geotropische Krümmungsanfänge auf, die zuweilen auch zu einem langsamen Hineinwachsen in die Vertikallage führen können.

Wir haben gefunden, dass der Längsreiz reaktionsausgleichend wirkt. Gibt es keine Reaktion, d. h. keine Krümmung oder wenigstens die Andeutung einer solchen (vgl. S. 39), so kann der Längsreiz nichts anfangen, ebenso wie der Autotropismus sich in nichts anderem kundgibt als dem Geradestrecken gekrümmter Organspitzen. Man könnte nun fragen, ob in ungereizten geraden Wurzeln, welche vertikal abwärts gestellt werden, wenigstens nicht eine Perzeption des Hemmungsreizes stattfände, so dass eine später induzierte tropistische Reaktion eine Schwächung erfähre. Um dies zu entscheiden wurde folgender Versuch angestellt.

Zwei am Klinostat gewachsene Pflanzen wurden während 40 Min. ($\frac{2}{3}$ St.) in — 90°-Lage plaziert. Dann wurden sie während 20 Min. in 0°-Lage gelassen

und kamen endlich wieder an den Klinostat, wo die Krümmung in gewohnter Weise registriert wurde.

TABELLE XVI.

Versuch 212. Temp. 25.5°. Durchschnittliche Ablenkung
der Wurzeln in Grad.

| 0 | $\frac{2}{3}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | 2 | $2\frac{1}{2}$ | 3 | $3\frac{1}{2}$ St. |
|---|---------------|------|----------------|-------|----------------|-----|--------------------|
| 0 | 0.75 | 1.75 | 10.75 | 12.75 | 9.25 | 7.0 | 6.25 |

Dieser Versuch beweist, dass ein vorausgehender Aufenthalt in -90° keine Verzögerung oder bemerkenswerte Hemmung auf eine nachträgliche tropistische Reaktion auszuüben vermag, obwohl ein Längsreiz, welcher nach der Induktion appliziert wird, in 40 Minuten einen vollständigen Reaktionsausgleich bewirken kann (vgl. Tab. IX und namentlich Tabelle XIV).

Einen Ausgleich finden wir wohl in Tabelle XVI, und zwar einen schnelleren als der autotropische Ausgleich in Tab. X und XV; dieser Ausgleich kann als eine Nachwirkung des Hemmungsreizes aufgefasst werden, diese Nachwirkung ist aber viel schwächer als die direkte Wirkung. Es erscheint aus diesem Grund zweifelhaft, ob der Längsreiz wirklich unter allen Umständen eine (wie beim Geotropismus) längere Zeit fortdauernde Erregung schafft. Vielmehr scheint das Vorhandensein eines Krümmungszustandes eine Vorbedingung zu sein für die kräftige Entwicklung dieser Erregung.

Alle bisher mitgeteilte Tatsachen haben gezeigt, dass der Längsreiz die früheren Zustände der geotropischen Induktion (Perzeption, Erregung) wenig oder gar nicht beeinflusst. Ja, er hat, obwohl er von der Schwerkraft ausgeht, wahrscheinlich überhaupt nichts gemeinsam mit dem Geotropismus. Von Wichtigkeit ist die Tatsache, dass nicht nur frische, sondern auch mehrere Stunden alte Krümmungen wenigstens z. T. ausgeglichen werden (vgl. unten S. 45). So habe ich in einem Versuch (329) ein Zurückgehen von 2 Stunden alten um 10° bis 20° starken Krümmungen gesehen, wenn der gerade Teil der Wurzeln vertikal gestellt wurde. Offenbar gehen die älteren Krümmungen so weit zurück, wie es der Wachstumszustand gestattet. Wahrscheinlich werden wohl auch, wie beim Autotropismus (vgl. Simon 1912), mechanische Krümmungen ausgeglichen. Jedoch habe ich dieses nicht untersucht.

Zu bemerken ist ferner, dass nicht zu alte Krümmungen zurückgehen, wenn der gerade Teil der Nebenwurzel in -90° gestellt wird, obwohl die Wurzelspitze in dem Gleichgew. \wedge steht. Erst wenn die Krümmung schon im ausgewachsenen Teil der Wurzel liegt, verharret die Spitze in ihrer Lage, wenn sie in den Gleichgew. \wedge oder eine steiler geneigte Lage plaziert wird. Es macht folglich einen grossen Unterschied, wenn die Krümmungszone die konvexe oder die konkave Seite abwärts kehrt.

Dieses ist leicht zu verstehen. Wenn die Konvexseite abwärts gekehrt ist,

wird die durch die Längskraft bedingte Geradestreckung durch eine geotropische Neuinduktion unterstützt, die der ursprünglichen entgegengesetzt ist. Bei der normalen Abwärtskrümmung aus einer Lage über dem Gleichgew. \wedge hat die ausgleichende Längskraft eine Bewegung gegen die durch die Querkraft fortwährend induzierte Abwärtskrümmung einzuleiten. Die Geradestreckung erfolgt deshalb hierbei entsprechend langsamer, auch in ziemlich steil geneigten Lagen. In Versuch 240, S. 61 (s. auch Fig. 8) geht jedoch die Ausgleichung etwa gleich schnell wie die geotropische Krümmung in 0° -Lage, obwohl sie gegen eine geotropische Neuinduktion zu arbeiten hat (die gekrümmte Spitze wurde vertikal gestellt).

Wir wollen nunmehr eine andere Angelegenheit betreffs des Längsreizes aufzuklären versuchen, nämlich wie es kommt, dass eine Wurzel, welche aus der Gleichgewichtslage auf den Klinostat gebracht wird, hier eine positiv geotropische Krümmung erfährt. Im vorhergehenden Kapitel wurden derartige Versuche zum Beweis für den positiven Reizzustand der plagiotrop wachsenden Nebenwurzeln herangezogen und am Anfang des vorliegenden Kapitels wurden sie im Zusammenhang mit anderen Versuchen als Belege dafür aufgeführt, dass der Längsreiz nicht die geotropische Perzeption beeinflusst, sondern nur die Reaktion ausgleicht. Wenn die Wurzel senkrecht zur Achse rotiert wird, warum wird die geotropische Krümmung nicht gehemmt; die Längskraft wirkt ja hierbei während der halben Umdrehung? Es wäre bei diesen Versuchen an die Möglichkeit zu denken, dass die Lagen über der Horizontalebene (also mit positivem Vorzeichen) reaktionsbegünstigend wirkten oder ihrerseits den senkrechten Hemmungsreiz auslöschten. Man sollte m. a. W. erwägen, ob es auch einen stimulierenden Längsreiz gäbe, der in entgegengesetzter Richtung zum Hemmungsreiz tätig wäre.

Es ist schwierig, die eventuelle Existenz eines solchen begünstigenden Längsreizes, der natürlich ebenfalls nur die Reaktion beeinflusste, direkt zu beweisen. Denn in $+90^\circ$ Lage braucht es ja nur eine geringe Ablenkung, um die Wurzelspitze gleich in tropistische Reizlage zu bringen; $+90^\circ$ ist eine höchst labile Lage. Auf indirektem Wege kann man jedoch schliessen, dass es in den $+$ Lagen wirklich zu einem schnellen Ausklingen oder Vernichten des in den $-$ Lagen perzipierten hemmenden Längsreizes kommt. Sonst wäre es nämlich nicht zu verstehen, dass bei Rotation senkrecht zur Klinostatachse nach kurzer Induktion eine deutliche Reaktion zustandekommt. Betrachten wir die Versuche in Tabelle XV! Nach 12 Min. wählender Reizung und Drehung \perp Klinostatachse wird eine Reaktion von etwa 12° erzeugt. Diese Reaktion geht nur langsam zurück. Nach 10 Min. 45 Sek. Reizung und Rotation \parallel Klinostatachse wird die Reaktion höchstens halb so kräftig. Allem Anschein nach findet also bei Drehung \perp Klinostatachse keine Reaktionshemmung statt.

Hieraus folgt aber, dass die Hemmung in den $-$ Lagen durch die $+$ Lagen aufgehoben wird. Wie man sich diese Ausgleichung vorstellen soll, kann ich nicht sagen und will auch das Problem nicht näher diskutieren, da es für die Frage der Plagiotropie wenig Bedeutung hat.

Ich möchte aber bemerken, dass eine reaktionsbeschleunigende Wirkung der oasiskopen Längskomponente schon aus gewissen Angaben in der Literatur wahrscheinlich wird. CZAPEK's (1895, 1898) unrichtige Annahme über 135° als optimale Reizlage fusste bekanntlich auf der Beobachtung von der Reaktionsstärke. Auch Fräulein PEKELHARING (1910 S. 295) hat neuerdings beiläufig bemerkt, dass nach Reizung in 135° die Reaktion grösser ausfällt als nach dem Empfang der gleichen Reizmenge in der Horizontallage. — Der Ausspruch von Fräulein RISS (1913, S. 208), dass die Pflanzen parallel zur horizontellen Achse des Klinostaten rotiert werden müssen, wenn man eine Reaktionshemmung vermeiden soll, wird durch keine Experimente gestützt und ist wahrscheinlich unrichtig. Meine eigenen Versuche lassen ja keinen Unterschied im Reaktionserfolg bei Rotation \parallel oder \perp Achse erkennen (vgl. auch Tab. IV, S. 18).

Das Ausbleiben der Hemmung bei Rotation \perp Klinostatachse kann nicht durch die Annahme eines schnellen und vollständigen Ausklingens des Reizes erklärt werden. Denn später zu beschreibende Versuche zeigen, dass eine Hemmung auch dann erfolgt, wenn intermittierend in tropistischer Reizlage und in -90° gereizt wird. In folgendem Versuch werden wir sehen, dass eine intermittierende Reizung in $+90^\circ$ und -90° gar keine hemmende Wirkung hat auf den Verlauf einer vorher induzierten geotropischen Bewegung.

TABELLE XVII.

Versuch 263. Temp. 23° . Gereizt in 0° -Lage 25 Min. Dann Intermittenz in -90° u. $+90^\circ$, 2 Min. in jeder Lage; in -90° angefangen. Nach 4 Stunden konstant in -90° -Lage. Mittel aus fünf Wurzeln.

| 0 | $\frac{2}{6}$ | 1 | $1\frac{1}{2}$ | $2\frac{1}{2}$ | 4 | $4\frac{1}{2}$ | 5 Stunden |
|-----------|---------------|-------------|----------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| 0° | 3.0° | 7.6° | 12.4° | 13.4° | 18.6° | 20.8° | 10.4° |

Die Krümmung erreicht hier etwa gleich hohe Werte wie bei der kontinuierlichen Klinostatdrehung in Tabelle X. Lehrreich ist die in bekannter Weise sehr schnell eintretende Ausgleichung, als die Wurzeln dauernd in -90° versetzt wurden, obwohl die Krümmung 4 Stunden alt war (siehe S. 43). In etwas mehr als einer Stunde waren die Wurzelspitzen wieder vollständig gerade.

Dieser Versuch lässt wohl keinen Zweifel mehr darüber bestehen, dass nicht in den $+$ Lagen die Hemmungswirkung der $-$ Lagen aufgehoben wird. Ob dieser Ausgleich mathematisch vollkommen ist, lässt sich natürlich nicht mit Sicherheit sagen. Wir verstehen aber jetzt, warum die geotropische Reaktion am Klinostat nach Reizung in allen Neigungslagen, auch unterhalb des Gleichgew. \wedge 's, zum Vorschein kommt, und warum auch bei Doppelreizung in beliebigen, um 180° divergierenden Lagen die Reaktion ebenfalls einen ungestörten Verlauf hat. Wahrscheinlich heben der Hemmungsreiz und der Gegenreiz in gleichen Neigungswin-

keln unter und über dem Horizontalplan einander völlig auf. Ob der basiskope Reiz auch eine selbständige, reaktionsbeschleunigende Wirkung zu entfalten vermag, mag vorläufig dahingestellt bleiben. Diese Frage kann nur durch eingehende Untersuchungen (am besten an Hauptwurzeln) über den Zusammenhang zwischen Reizgrösse und Reaktionsgrösse in verschiedenen Neigungslagen entschieden werden. —

Wir wollen nunmehr die Frage nach der Identität des Hemmungsreizes an Hauptwurzeln und Nebenwurzeln aufwerfen. Durch die Versuche in Tabelle II und III wurde die Entdeckung von Fräulein Riss (1913) bestätigt, dass die »Längskraft« hemmend auf den geotropischen Prozess in Hauptwurzeln wirkt. Fräulein Riss hat durch vielseitig variierte Versuchsanordnungen die Hemmungswirkung der Längskomponenten der Schwerkraft und Zentrifugalkraft geprüft, und an die Richtigkeit ihrer Ergebnisse ist nicht zu zweifeln.

Ob die Hemmung in der geotropischen Perzeption oder Reaktion erfolgt, wurde von Fräulein Riss nicht untersucht oder diskutiert. Im allgemeinen spricht sie von einem herabgesetzten Erfolg des tropistischen Reizes; S. 191 wird aber von »Hemmung des einseitigen Schwerereizes« geredet. Man ersieht hieraus, dass sie sich keine klare Vorstellung über die Tätigkeit des Hemmungsreizes gebildet hat.

In der ersten Versuchsreihe, welche Fräulein Riss (1913, S. 178) mit der Längskraft angestellt hat, wurde Dauerreizung benutzt. Der Längsreiz war Fliehkraft, der Querreiz Schwerkraft. Ob die Hemmung in der Perzeption oder Reaktion erfolgt, wird durch diese Versuchsreihe offenbar nicht entschieden. In einer zweiten Versuchsreihe (S. 180) hat aber die Verfasserin nur kurze Zeit (6—20 Min.) gereizt und dann die Pflanzen vertikal gestellt. Auch dann trat Hemmung ein, wenn die in der Längsrichtung einwirkende Fliehkraft hinreichend intensiv war. Der Ausfall dieser Versuche kann für eine Perzeptionshemmung sprechen, braucht es aber nicht. Denn man kann eine Nachwirkung des Längsreizes voraussetzen. Leider hat die einfache Beobachtungstechnik der Verfasserin es nicht gestattet, eine genaue Vorstellung vom Grad der Reaktionshemmung zu gewinnen. Sonst würde man vermuten können, dass die Hemmung in diesem Falle relativ geringer ausfiel als bei Dauerreizung. Da die beiden erwähnten Versuchsreihen mit unvergleichbaren Fliehkraftgrössen angestellt wurden, so ist aus Verf:s Tabellen in dieser Beziehung nichts herauszulesen.

Bei den Nebenwurzeln haben wir gefunden, dass die Nachwirkung der Längskraft viel schwächer ist als der direkte Reizangriff auf eine in voller Entwicklung begriffene Reaktion. Eine sehr geringe oder keine Nachwirkung wird erzielt, wenn der Längsreiz vor der tropistischen Perzeption appliziert wird (Tabelle XVI). Stärker wird zweifelsohne die nachwirkende Hemmung, wenn gleichzeitig in Längs- und Querrichtung gereizt wird. Dies beobachtet man an Pflanzen, welche aus der Normallage auf den Klinostat gebracht werden. Wir haben zwar hier keine vollständige Hemmung der tropistischen Reaktion beobachtet, diese kann im Gegenteil recht erheblich sein — eine Tatsache, welche ja den Beweis für das Nicht-

gehemmtsein der perzeptorischen Phase erbrachte. Aber diese Reaktion ist manchmal schwächer als diejenige nach einer gleich starken Induktion ohne gleichzeitige Längsreizung. In Tabelle XI beträgt die Reaktion 11.0° . In zwei gleichen, hier nicht aufgenommenen Versuchen war die Reaktion durchschnittlich viel geringer. Auch in Tabelle XII b finden wir nach Dauerreizung in -120° bis -122° eine auffallend schwache Reaktion. In anderen Fällen habe ich wiederum grössere Werte gefunden.

Nun lässt es sich wohl mit einem gewissen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit berechnen, wie viel von der in einem dauernd plagiotrop wachsenden Wurzel aufgenommenen Reizmenge nicht in eine (gehemmte) Reaktion umgesetzt worden ist, als man die Pflanze an den Klinostat bringt. Die Zeit, nach welcher die Reaktion eben sichtbar zu werden anfängt, beträgt etwa 30 Min. (vgl. Kap. VI). Nehmen wir nun an, dass die Längskomponente erst zu dieser Zeit in nennenswertem Grad hemmend zu wirken anfängt, so muss am Klinostat eben die während der letzten 30 Min. empfangene Reizmenge in eine Reaktion von entsprechender Grösse resultieren — vorausgesetzt, dass der Längsreiz wenig nachwirkt. Multiplizieren wir diese Zahl mit dem Sinus des Neigungswinkels, so bekommen wir die Zeit, in welcher eine Wurzel in 0° -Lage gereizt werden muss, um dieselbe Krümmung zu erfahren.

Wir durchführen diese Berechnung an den Versuchen 215, 262 u. 264 (vgl. S. 32 f.) und bekommen folgende Werte:

| | Neigungswinkel | Reizzeit ber. für 0° | Grösste Ablenkung der Spitze |
|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Versuch 252 | etwa 30° | 15.0 Min. | 5.0° |
| Versuch 215 | » 40° | 19.2 » | 11.0° |
| Versuch 262 | » 50° | 22.8 » | 19.0° |
| Versuch 264 | » 54° | 24.0 » | 10.3° |

Vergleichen wir die Werte für Reizzeit und maximale Ablenkung der Spitze mit den entsprechenden Versuchen in Tabelle X und XV, so finden wir in den Versuchen 252 und 264 eine etwas geringere Reaktion als bei gleichwertiger Reizung in 0° -Lage oder 180° -Lage. Im Versuch 262 ist die Reaktion völlig derjenigen nach 25 Min. Reizung in Tabelle X an die Seite zu stellen. Im Versuch 264 ist sie bedeutend schwächer.

Es braucht wohl kaum hervorgehoben werden, dass dieser Vergleich wegen der ausserordentlichen Variation der Reaktionsgrössen keinen grossen Wert hat. So viel scheinen mir aber alle von mir angestellten Versuche (ich denke auch an diejenigen in Tabelle VII und die hier nicht aufgeführten Versuche) über Nachwirkungen der Normallage zu zeigen, dass sich eine schwache Nachhemmung seitens des Längsreizes bemerklich macht — vorausgesetzt, dass dieser Reiz überhaupt nur die motorischen Prozesse angreift. Diese Voraussetzung scheint mir aber auch durch die obigen, obwohl mangelhaften Berechnungen eine neue Stütze zu finden. Denn würde die hemmende Tätigkeit des Längsreizes beträcht-

lich früher als nach 30 Minuten einsetzen, so wäre es unverständlich, dass man so starke Nachwirkungen am Klinostat zu sehen bekam. Andererseits tritt tatsächlich die mikroskopisch bemerkbare Reaktion häufig schon nach 20, ja 10 Minuten ein (s. Kap. VI), und dieses im Zusammenhang mit der vielfach betonten Variabilität machen unsere Ergebnisse gut verständlich, ohne dass wir eine beträchtlichere Nachwirkung eines gleichzeitig mit der geotropischen Perzeption aufgenommenen Längsreizes annehmen müssen. Zur Verdeutlichung sei hinzugefügt, dass der hier gemeinte Längsreiz eine solche Intensität besitzt, dass er normalenfalls die geotropische Abwärtsbewegung der Nebenwurzelspitze hemmt. In -90° -Lage wird natürlich die Intensität viel höher und deshalb wohl die Nachwirkung erheblicher.

Weitere Untersuchungen müssen die Entscheidung darüber treffen, ob der von Fr. Riss beobachtete Längsreiz in den Hauptwurzeln von anderer Art sei als der in dieser Abhandlung dargelegte Längsreiz in den Nebenwurzeln. Die oben erwähnten Riss'schen Befunde sprechen jedoch, wie gesagt, nicht für eine Perzeptionshemmung.

Auch nicht die von ihr gemachten Versuche mit intermittierender Reizung (1913 S. 192) verhelfen uns zu einer besseren Charakteristik. Sie hat gefunden, dass bei Kombinationen von Lage 15° und 90° (von der senkrechten Lage aus gerechnet) Krümmungen »stets im Sinn von 90° nach $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden« eintraten. Leider wird nicht die Zahl der Versuche oder die Befestigungsart der Wurzeln angegeben. Bei derartigen Versuchen muss man bekanntlich mit Nutationen u. dgl. rechnen. Man braucht nun zur Erklärung dieser Befunde nicht nach der Hypothese von einer Perzeptionshemmung zu greifen. Nehmen wir an, dass der Längsreiz eine kurze Abklangszeit hat, so leuchtet ein, dass er in der 90° -Lage immer abgeschwächt wirkt. Eine Krümmung, welche in dieser Lage beginnt, wird daher später ausgeglichen als eine solche, die in 15° -Lage beginnt. Um diese Erklärung zu beweisen, bedarf es allerdings neuer Versuche. Da wir aber hier mit Nebenwurzeln zu handeln haben, müssen wir diese Fragen vorläufig verlassen. Die Identität des Hemmungsreizes an Nebenwurzeln und Hauptwurzeln mag aus verschiedenen apriorischen Gründen wahrscheinlich sein, bewiesen ist sie aber noch durchaus nicht — das mag die Zusammenfassung der langen Erörterungen über diese Angelegenheit sein. —

Wir wollen zum Schluss die in diesem und den vorhergehenden Kapiteln gewonnenen Erfahrungen verwerten, um uns eine Vorstellung vom realen Ineinandergreifen der verschiedenen Reizprozesse in der plagiotropen Gleichgewichtslage zu verschaffen.

In der Horizontallage wirkt die Schwere mit ungeteilter Kraft senkrecht zur Organachse (Fig. 5 a). In den Winkeln über dieser Lage (diejenigen mit positivem Vorzeichen) können wir die schräg angreifende Schwerkraft als Resultante von einer Längskomponente und einer Querkomponente auffassen, von denen nur die letztere tropistisch induziert, während die erstere möglicherweise reaktions-

begünstigend wirkt. Ähnlich verhält es sich in den Neigungslagen unter der Horizontallage (Fig. 5 b—d). Hier wissen wir nunmehr, dass die Längskomponente einen reaktionshemmenden Reiz darstellt. Dieser Reiz wird um so stärker, je kleiner der Neigungswinkel ist. Gleichzeitig wird die Querkomponente schwächer, wie aus den Figuren 5 b—d erhellt. Denken wir uns nun eine Nebenwurzel in der Lage 5 b, so ist hier die Querkomponente bedeutend grösser als die Längskomponente. Die Erfahrung lehrt, dass hier auch zumeist eine Abwärtskrümmung beginnt. Bei der Krümmung kommt die Wurzelspitze in eine immer mehr geneigte Lage. Die Längskomponente wirkt daher immer stärker als die Querkomponente, d. h. die Reaktionshemmung wächst, während die Induktion zu weiterer Krümmung schwächer wird. Bei einer bestimmten Neigungslage (bei *Pisum* durchschnittlich 50°) halten die widerstrebenden Kräfte das Gleichgewicht, die Wurzel muss jetzt in dem Gleichgew. \wedge in gerader Linie fortwachsen.

Die Gleichgewichtslage ist besonders interessant, weil sie, wie mehrmals hervorgehoben, *dynamisch* ist. Die Querkomponente wirkt als ununterbrochenen Reiz, die Reaktion kommt aber niemals zum Vorschein wegen der reaktionshemmenden Tätigkeit der Längskomponente. In der Gleichgewichtslage verlaufen offenbar die geotropische Krümmung und die Hemmung gleich schnell, jeder Krümmungsanfang wird so zu sagen in statu nascendi wieder ausgeglichen. Deshalb braucht die Wurzelspitze keine sichtbare Wellenlinie

im Raum zu beschreiben. Wird die Wurzel unter den Gleichgew. \wedge , z. B. wie in 5 d, gestellt, so tritt selbstverständlich gar keine Krümmung ein. Die Längskomponente ist hier relativ viel stärker als die Querkomponente, haben wir doch in Tab. IX (S. 29) gesehen, dass eine vorherige, 20—25 Min. währende Induktion in 0° -Lage zu keiner oder bloss schwacher Reaktion führt.

Die bekannte grosse Variabilität des Gleichgew. \wedge :s steht natürlich mit dem Geschilderten im Zusammenhang. Es gibt je hier zwei Variablen, die geotropische Bewegung und die Hemmungsbewegung, die wahrscheinlich durch äussere und innere Bedingungen nicht gleichsinnig verändert werden.

Die Richtigkeit der vorgetragenen Auffassung kann durch Versuche bestätigt werden, in denen die Wurzel den Längsreiz und den Querreiz direkt empfängt. Solche Versuche können an der horizontellen Zentrifugscheibe mit radialgestellten Wurzeln angestellt werden. Oder man kann intermittierend in 0° bzw. $+180^\circ$ und -90° reizen. Ich habe einige Versuche mit solcher Reizung vorgenommen. Sie sind in Tabelle XVIII zusammengestellt.

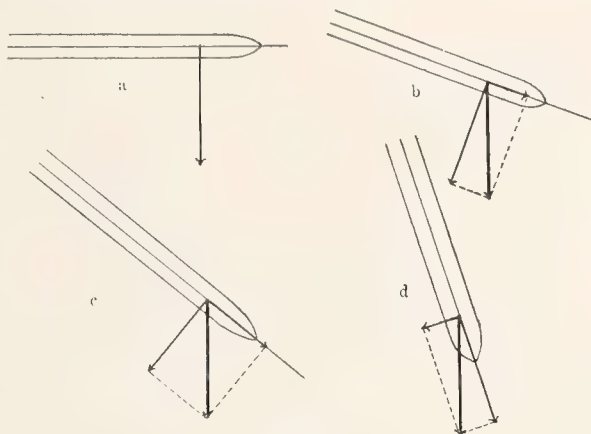


Fig. 5.

Schema über die physiologische Auflösung der Schwerkraft in zwei Komponenten, die eine parallel mit der Längsachse der Wurzel, die andere senkrecht zu ihr.

Wir sehen aus der Tabelle, dass die doppelgereizten Wurzeln ziemlich konstant in einer Richtung fortwachsen, die nur wenig von der ursprünglichen Orientierung abweicht. Sie befinden sich daher abwechselnd in etwa -10° Reizlage und -100° . Die geotropische Reizung in -100° verhält sich zur Reizung in -10° wie $\sin 10^{\circ} : \sin 80^{\circ} = 0,17 : 0,98$ oder, da die Reizzeit im ersten Fall (vgl. Tab.) zwei bis drei Mal so gross als im zweiten war, wie etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$. Die in -100° induzierte Hemmung muss also beträchtlich sein. Ein

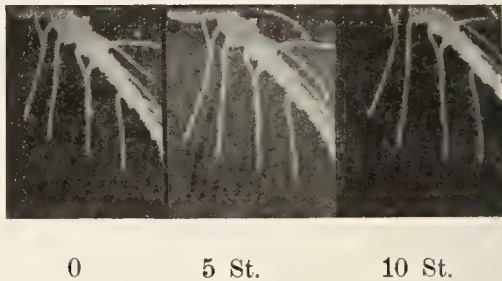


Fig. 6.

Versuch 290. Intermittierende Reizung in $\pm 180^{\circ}$ und -90° . Die auf $\frac{2}{3}$ verkleinerten Bilder sind aus der registrierten Serie herausgegriffen.
Vgl. Tabelle XVIII.

direkter Vergleich zwischen der Stärke der geotropischen Induktion und der Hemmung ist nicht tunlich, da über den Zusammenhang zwischen Perzeption und Bewegungsamplitude nichts Näheres bekannt ist. Wir können aber aus den obigen Zahlen den Schluss ziehen, dass $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des in -10° empfangenen geotropischen Reizes durch den entgegengesetzten geotropischen Reiz neutralisiert wird. Zwei Drittel oder die Hälfte des Reizes werden dagegen in motorische Prozesse transformiert und diese Prozesse werden durch den Längsreiz in -100° gehemmt. In Versuch 290 verhalten sich die geotropischen Reizungen wie $\sin 7^{\circ} \times \times 111\frac{2}{3} : \sin 83^{\circ} \times 33\frac{1}{2} = 136.1 : 332.5$.

TABELLE XVIII.
Doppelreizung in 0° oder 180° und -90° . Automatische Registrierung.

| Vers. | Temp. | Geotr. R.-Lage | Reizzeiten. 0° od. 180°; — 90° | Durchschnittliche Ablenkung im Sinn der geotropischen Reizlage in Stunden: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|----------------|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-----------|
| | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 St. |
| 276 | 24° | 180° | 90'': 110'': 95'': 52'' | 0 | — | — | — | — | — | 30° à 35° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 281 | 23° | 180° | in 2 St. dann 52'': 95'' | 0 | — | 12 5° | — | — | — | 9° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 282 | 23.5° | 0° | 52'': 98'' | 0 | —1.0° | —3.6° | —3.6° | 2.3° | — | — | — | — | — | — | 12.3° | 8.3° | 7.0° | 8.6° | 7.3° | 5.6° | 10.0° | 8.3° | 10.3° | — |
| 283 | 28.5° | 180° | 37'': 112'' | 0 | 1.5° | 6.5° | 9.0° | 12.0° | 10.0° | 10.0° | 10.5° | 9.5° | 10.0° | 10.0° | 9.5° | 10.0° | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 290 | 25.0° | 180° | 33 1/2'': 111 2/3'' | 0 | 5.4° | 5.7° | 6.2° | 9.0° | 7.4° | 3.1° | 4.7° | — | 7.5° | 7.5° | 7.0° | 7.3° | 7.5° | 6.9° | 7.2° | 7.2° | 6.2° | 7.2° | 6.5° | — |

Durch den Längsreiz in -97° wird also $\frac{196.4}{332.5}$ des geotropischen Reizes als Reaktion gehemmt.

Zum Vergleich sei bemerkt, dass in einem analogen Versuch mit Hauptwurzeln eine durchschnittliche Ablenkung (nach 7 St.) von 20° eintrat, wenn abwechselnd 34 Sek. in Horizontallage und 112 Sek. in Vertikallage gereizt wurde. Die Hemmung ist offenbar hier viel geringer. Denn die in den beiden Lagen (bei Gleichgewicht) empfangenen Reizmengen verhalten sich nach dem Sinusgesetz wie $\sin 20^\circ \times 112 : \sin 70^\circ \times 34 = \frac{0.34 \times 112}{0.94 \times 34} = \frac{3808}{3196}$. Die in 20° empfangene Reizmenge übersteigt also die in 70° empfangene nur mit etwa $\frac{6}{32}$. Die Längskomponente in 20° hat also bei den Hauptwurzeln eine bedeutend schwächere Hemmungswirkung als die Längskomponente in 10° oder 7° bei den Nebenwurzeln.

Es ist auffallend, dass in den obigen Versuchen mit Doppelreizung an Nebenwurzeln die Hemmung verhältnismässig geringer ausfällt als in der Normallage. Der Gleichgew. \wedge beträgt durchschnittlich etwa 50° . Die Querkomponente verhält sich geometrisch zur Längskomponente wie $\frac{\sin 50^\circ}{\cos 50^\circ} = \frac{0.77}{0.64}$. Es ist wohl von vornherein sehr wahrscheinlich, dass der Längsreiz nach einem Cosinusgesetz abnimmt. Es sieht daher merkwürdig aus, dass die kompensierende Längskomponente hier zahlengemäss kleiner ist als die geotropische Komponente. Oben war sie etwa 2 bis 3 mal grösser. Ähnliches gilt übrigens für die Versuche mit Hauptwurzeln. Oben fanden wir eine sehr geringe Hemmung seitens der Längskraft. Aus den Werten in Tab. II u. III (S. 17 f.) ersieht man aber, dass sie bei Dauerreizung die Präsentationszeit fast auf das Doppelte erhöht.

Dieser Widerspruch der Versuche mit Dauerreizung und intermittierender Reizung scheint mir durch Hinweis auf das geschwinde Ausklingen des Längsreizes im Vergleich zum geotropischen Reiz gelöst zu werden (vgl. S. 43, 48). Jede Einzelreizung in -90° betrug 95—112 Sek., die Zwischenzeit 34—52 Sek. + 31—33 Sek. (= Umdrehungszeit der Klinostatachse), also mehr als eine Minute. In dieser kurzen Zeit klingt also wahrscheinlich der Längsreiz so weit aus, dass seine Wirkung mehrfach herabgesetzt wird.

KAP. VI. Der Detailverlauf der Krümmung. Periodische Nachschwingungen.

Als Mass der Krümmung haben wir im Vorhergehenden die Ablenkung der Wurzelspitze, d. h. des 1—2 Mm. langen apikalen Stückes der Wurzel benutzt. Es interessiert uns aber jetzt zu wissen, wie sich die anderen Partien der Krümmungszone verhalten, wie sich die »Eigenbewegung« der Spitze gestaltet und wie sich ihre Totalbewegung zusammensetzt.

Zu diesem Zweck wurden besondere Registrierungen in natürlicher Grösse oder bei schwacher Vergrösserung gemacht. Um einen Überblick vom Gang der geotropischen Krümmung zu bekommen, wurden in einem Versuch Tuschemarken in Abständen von 1 Mm. aufgetragen, dann die Wurzeln horizontal fixiert und in Intervallen von einer Stunde registriert. Temperatur $26.7^{\circ} - 27.0^{\circ}$. Der ursprüngliche Gleichgew. \angle der unten gemessenen Wurzel betrug 44° .

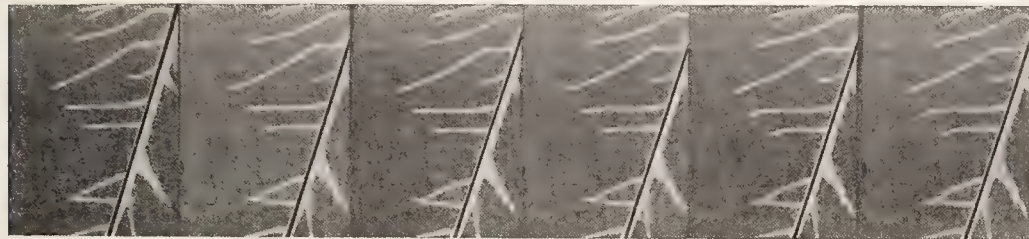
Versuch 97.

| Stunden | Partialablenkungen der Zonen in Grad | | | | | | | Totalablenkung der Spitze |
|---------|--------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-------|---|---------------------------|
| | Zonen | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 0 | — 1.5 | — 1.5 | 1 | 0 | 1.5 | — 3.5 | 0 | — 2 |
| 1 | — 2 | 12 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 2 | 0 | 7.5 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 15.5 |
| 3 | 5.5 | 12 | 4 | 2.5 | 1 | — 1.5 | 0 | 23.5 |
| 4 | 13 | 6 | 7 | 6 | 5 | — 6 | 0 | 31 |
| 5 | 8 | 11 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 28 |
| 6 | 6 | 15 | 5.5 | 3.5 | 4 | — 4 | 0 | 30 |
| 7 | 13 | 19 | 4 | 3 | 3 | — 4 | 0 | 38 |
| 8 | 6 | 18 | 4.5 | 3.5 | 2 | — 4 | 0 | 30 |
| 9 | 4 | 18 | — | — | — | — | 0 | 30 |
| 10 | 5 | 18 | — | — | — | — | 0 | 31 |
| 11 | 4 | 18 | — | — | — | — | 0 | 30 |
| 12 | 7 | 21 | — | — | — | — | 0 | 36 |
| 13 | 6 | 22 | — | — | — | — | 0 | 37 |
| 14 | 8 | — | — | — | — | — | 0 | 36 |

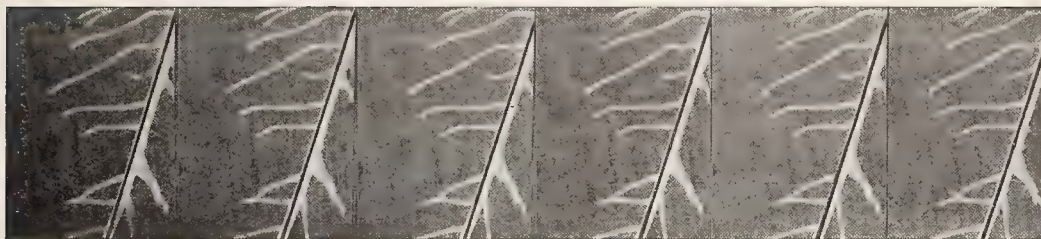
Im folgenden Versuch wurde nur die Ablenkung der Wurzelspitze (1 — 1.5 Mm.) gemessen.

Versuch 308. 25.75° Klinostatpflanze. Dann 0° konstant. Spitzenablenkung von zwei Wurzeln (s. Fig. 7).

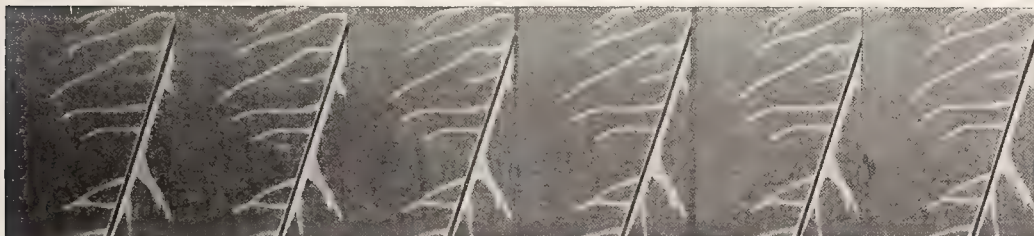
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | Min. |
|----|---|----|----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| I | 0 | 1° | 5° | 11° | 16° | 22½° | 26½° | 30° | 33° | 33½° | 34° | 32½° | 31½° | 29° | 31½° | 31½° | 32° | 33½° | |
| II | 0 | 1° | 7° | 14° | 20° | 29° | 33° | 34° | 36½° | 37° | 36½° | 35° | 34° | 32° | 32½° | 34° | 36½° | 38° | |
| | | | | | | | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | Min. | | | | | |
| | | | | | | | 33° | 38° | 39° | 41° | 43° | 42° | 41° | | | | | | |
| | | | | | | | 40° | 40° | 38° | 38½° | 39½° | 35° | 32° | | | | | | |



0 Min. 10 20 30 40 50



60 70 80 90 100 110



120 140 160 180 200 220

Fig. 7.

Versuch 308. Geotropische Krümmung von klinostatgewachsenen Nebenwurzeln.
Vgl. auch Fig. 10.

Wir finden aus diesen Versuchen die schon von SIMON (1912) und TRÖNDLE (1913) aufgedeckte Tatsache bestätigt, dass auch in frühen Stadien der Krümmung ein Widerstreit zwischen Reaktion und Gegenreaktion, d. h. eine pendelartige Bewegung, vorkommt. Die einzelnen Zonen pendeln aber nicht in demselben Rhythmus, was macht, dass die Totalbewegung der Spitze (vgl. die letzte Kolonne in Vers. 97) gleichmässiger wird als die Partialbewegungen der Zonen. Das Maximum

der Totalbewegung in der vierten Stunde wäre viel ansehnlicher ausgefallen, wenn nicht die Zonen 2 und 6 Minima gehabt hätten.

Die Krümmung der Nebenwurzeln verläuft im Prinzip ähnlich wie bei Hauptwurzeln; der einzige Unterschied besteht darin, dass die Bewegung hier später aufhört als bei den Nebenwurzeln, welche in den Gleichgew. Δ annähernd hineinwachsen.

Um die Anfangsstadien der Krümmung genauer kennen zu lernen, wurden Versuche mit kürzeren Intervallen der Registrierung angestellt. Ferner wurde von dem Auftragen von Tuschemarken Abstand genommen; die Zonen wurden vermittle eines auf das Bild gelegtes Gitter beim Messen abgesetzt. Hierdurch emanzipiert man sich auch von den Störungen, welche durch das Wachstum und die Zonenverlängerung entstehen, indem die Zonen dauernd dieselbe Lage zur Spitze einnehmen. Die Länge der Zonen beträgt etwa 1—1.5 Mm.

Der Raum gestattet kein vollständiges Wiedergeben der Protokolle. Zwei Versuche (240 u. 234) sind in Fig. 8 u. 9 graphisch dargestellt. Von drei anderen Versuchen ist im folgenden nur die Totalbewegung der Spitze aufgeführt.

| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100° Min. |
|-------------|----|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----------|
| 1. (293 I) | 0° | 3° | 4° | 5° | 10° | 15° | 19° | 22° | 24° | 26° | 28° |
| 2. (293 II) | 0° | 2° | 4° | 5° | 9° | 15° | 19° | 23° | 24° | 24° | 26° |
| 3. | 0° | 4½° | 5° | 13° | 13° | 18° | 22½° | 26° | 27° | 29° | 30° |

Auch in diesen Versuchen verlief die Partialbewegung der Zonen unregelmässiger. Das gleiche gilt von den unten erwähnten Versuchen mit autotropischer Reaktionsausgleichung; auch in diesen Versuchen wurde die Partialbewegung gemessen.

Sämtliche Versuche lehren, dass die Partialkurven einen unregelmässigen Verlauf haben. Dies kann z. T. auf Ablesungsfehler beruhen, da diese aber meistens kleiner als $\pm 1^\circ$ sind, so erklärt sich nicht allein aus diesem Umstand die Form der Kurven. Die einzelnen Zonen bewegen sich offenbar nicht gleichmässig, sondern stossweise. Perioden von positiver Krümmung wechseln mit solchen von Stillstehen oder Zurückkrümmung ab. Dessenungeachtet bleibt die Totalbewegung der Spitze auffallend gleichmässig, was nur durch den schon erwähnten Umstand erklärt werden kann, dass die Perioden der einzelnen Zonen verschiedenen Rhythmus haben, so dass Maxima und Minima zu verschiedenen Zeiten eintreten und einander ausgleichen.

Die Krümmung schreitet im grossen ganzen akropetal fort, jedoch keineswegs immer. Die Asymmetrie der apikalen Zone ist bei den Nebenwurzeln von *Pisum* kein typisches Anfangsstadium. Aus den Figuren ersieht man leicht, dass die Zeitverhältnisse der einzelnen Zonen sehr verschieden sein können.

In Fig. 8 findet man eine ausgeprägt akropetale Bewegung. Die Zonen beginnen sich in Reihenfolge zu krümmen. In Fig. 9 ist das Verhältnis fast umgekehrt: die zwei äussersten Zonen krümmen sich später als die zwei inneren. Da die Totalkurven dessenungeachtet wenig verschieden sind, scheint man annehmen zu sollen, dass die Reaktion nicht an bestimmter Stelle beginnt und sich in bestimmter Richtung ausbreitet, sondern dass die einzelnen Zonen je nach ihrem in-

neren Zustände früher oder später reagieren und dass die einzelnen Teile der ganzen Reaktionszone im Hinblick auf die tropistische Bewegung korrelativ verkettet sind. Sonst wäre es nicht zu verstehen, dass bei solcher Unregelmässigkeit der Einzelbewegungen doch die Totalbewegung der Spitze so regelmässig fortschreitet. Die ganze Bewegungszone hat reizphysiologisch einen einheitlichen Charakter, sie besitzt nach der Reizung offenbar eine gewisse Menge motorischer Energie, welche in eine bestimmte Arbeit, nämlich die Ablenkung der Spitze um einen bestimmten Winkel, umgesetzt wird, gleichgültig welche Partien die Bewegung ausführen.

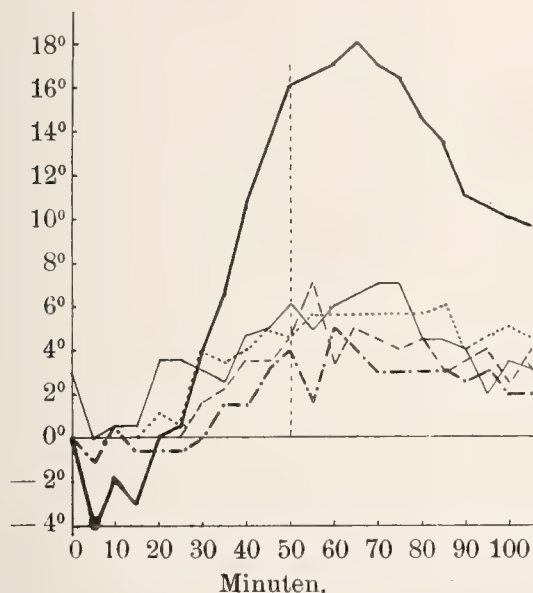


Fig. 8.

Versuch 240. Geotropische Krümmung in 0° und Beginn der Ausgleichungsbewegung in -78° . Der Aufenthalt in der geotropischen Reizlage (0°) dauerte 50 Minuten.

— Totalbewegung der Spitze
 - - - Partialbewegung der apikalen Zone
 » » zweiten »
 - - - » » dritten »
 - . - . - » » vierten »

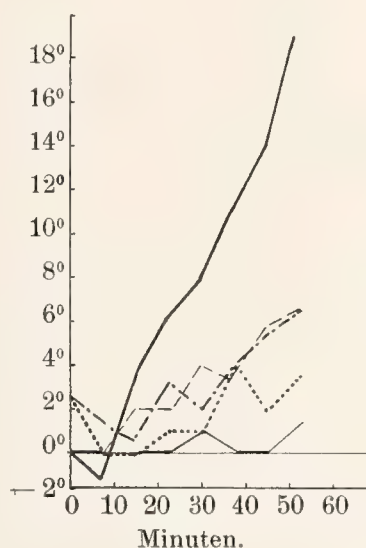


Fig. 9.

Versuch 234. Geotropische Krümmung in 0° -Lage. Erklärung der Kurven wie in Fig. 8.

Dass es sich bei der totalen Ablenkung der Spitze wirklich um eine einheitliche Reaktion handelt, obwohl verschiedene Teile der Bewegungszone in verschiedenem Grad mitbeteiligt sind, ersieht man daraus, dass diese totale Ablenkung im grossen ganzen mit konstanter Geschwindigkeit stattfindet. Beim Betrachten der Kurven (Figg. 8, 9, 10) findet man, dass sie im mittleren Teil (etwa zwischen 20 und 60 Minuten) annähernd geradelinig sind. Zur Verdeutlichung greife ich diejenigen Partien der Versuchsprotokolle heraus, in denen die Geschwindigkeit ungefähr konstant ist.

TABELLE XIX.

Die Geschwindigkeit der geotropischen Bewegung.

| Versuch | Zunahme der Spitzenablenkung in Grad | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-----|-----|----|-------|----|------|------|----|----|-------|----|----|----|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| 234 | 2½ | | 3½ | 2 | | 3 | 3 | | — | | | — | | |
| 240 | — | ° 3 | ½ | 3½ | 2½ | 4 | 3 | 2½ | — | | — | | | |
| 232 (M. aus 4 Werten) | — | | — | | 10.75 | | | 12.0 | | | 13.25 | | | |
| × | — | | — | | — | | 5 | 4.5 | | 3½ | | | | |
| 293 I | — | | — | | 4.5 | | 6.5 | 4 | | — | | | | |
| 293 II | 3.5 | | 1 | | 5.5 | | 3 | 4 | | — | | | | |
| 308 (M. aus 2 Werten) | 5 | | 6.5 | | 5.5 | | 7.75 | | | — | | | | |

Ein so relativ grosser Konstanz der Geschwindigkeit zeigen nicht die einzelnen Zonen. —

Eine andere bemerkenswerte Sache ist die langsame Anfangsgeschwindigkeit. Die ersten 20—30 Minuten pflegt die Bewegung sehr langsam oder gar nicht fortzuschreiten. Wie ist nun diese Anfangsphase zu deuten? Die meisten Forscher, welche makroskopisch beobachtet haben, sprechen von einer echten Reaktionszeit. Andere, welche die Bewegung mit Mikroskop verfolgten, behaupten, dass die tropistische Bewegung gleich nach dem Einsetzen des Reizes beginnt, obwohl es noch eine Zeit dauert, bis sie für das blosse Auge sichtbar wird (vgl. POLOWZOW 1909, MAILLEFER 1910, 1912). ARISZ meint, dass es nicht möglich ist, den Augenblick, wo die Krümmung anfängt, experimentell zu bestimmen (1915 S. 60). Dieses hat zweifelsohne seine Richtigkeit. Die Tatsache, dass die Kurve einen Knick aufweist, scheint mir aber darauf hinzudeuten, dass die makroskopisch bestimmbare Reaktionszeit irgend einen Grund für sich hat. BLAAUW (1909, S. 34), der einen solchen Knick an der phototropischen Kurve beobachtet hat, bemerkt ganz richtig, dass hiermit eine neue Phase des Krümmungsprozesses auftritt. Auch bei dem Beeinflussen des Wachstums durch Licht hat BLAAUW (1914 S. 663, 1915 S. 500) eine deutliche Reaktionszeit (von etwa 3 Minuten) beobachtet. MAILLEFER (1912 S. 459) sagt dagegen, dass keine von seinen Kurven über die geotropische Aufkrümmung von *Avena-Celeoptilen* einen Knick aufweist. Auch ARISZ (1915 S. 55) findet für den Heliotropismus dieses Objekts keinen Kurvenknicke¹. Doch gibt er zu, dass ein solcher sehr wohl in dem Augenblick auftreten könnte, in dem »die sich weiter von der Spitze befindenden Zonen an der Krümmung teilzunehmen anfangen«.

Aus meinen Versuchen geht hervor, dass nach 20—30 Minuten, bisweilen auch

¹ In den graphischen Figuren der beiden Forscher (MAILLEFER 1912 Fig. 9, ARISZ 1915 Fig. 1) sind doch mehrere Kurven mit Knicken versehen. Übrigens wird ja in diesen Kurven die Horizontalablenkung der Spitze, nicht, wie bei uns, die Gradablenkung der Spitzenzone angegeben.

früher (Versuch 234, 308), eine deutliche Geschwindigkeitsänderung eintritt. Nicht selten beobachtet man anfangs sogar eine geringe Hebung der Spitze oder einzelner Zonen (Fig. 8 und 9). Allem Anschein nach wird während der »Reaktionszeit« die Bewegung so zu sagen gestartet. Die volle Geschwindigkeit kann wohl erreicht werden, erst nachdem fast alle Zonen die Bewegung begonnen haben. Der frühere oder spätere Eintritt dieses Momentes beruht sicher auf inneren Verhältnissen.

Zu bedenken ist vor allem, dass die autonomen Nutationen, je nach ihrer Richtung im Verhältnis zur Krümmungsebene, die ersten Bewegungsstadien beschleunigen, verlangsamen oder sogar umkehren können. In den Versuchen sehen wir Beispiele auf diese Variabilität der ersten Bewegungsphase. In vereinzelt Fällen kann die Bewegung schon sehr bald mit voller Geschwindigkeit einsetzen (Versuch 293 II). Zumeist ist aber, wie gesagt, die Geschwindigkeit in den ersten 10–30 Minuten gering. Ob eine eigentliche »Latenzzeit« oder »Transmissionszeit« zwischen der Perzeption über eine Schwelle hinaus und der Reaktion vorkommt, bleibt betreffs der Tropismen schwer zu entscheiden. Die motorischen Vorgänge dürften sich jedenfalls zeitlich viel enger an die Perzeption anschliessen, als man früher geglaubt hat. Die oben beschriebene »Startphase« der Bewegung beruht wohl darauf, dass 1. die Perzeption eine gewisse Stärke erreichen muss, um eine Bewegung der ganzen Wurzelspitze hervorzurufen, 2. immer eine gewisse Zeit verstreicht, ehe die inneren Widerstände besiegt sind und die Bewegung durch korrelative Zusammenarbeit aller Zonen ruhig fortschreiten kann.

Das Vorkommen einer solchen Startphase berechtigt vielleicht zu der Bezeichnung »Reaktionsschwelle«. Theoretisch liegt nichts im Wege, eine Analogie zwischen Perzeption und Reaktion zu behaupten und die Perzeption hat vielleicht auch eine solche, obwohl relativ viel kürzere Startphase bis zur Erreichung der »Perzeptionschwelle«. Diese interessante Fragen verlangen jedoch sehr eingehende Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Perzeptionsintensität und Reaktionsintensität. —

Bei der geotropischen Krümmung einer konstant in 0°-Lage gehaltenen Nebenwurzel von *Pisum* lassen sich folglich drei Phasen unterscheiden: 1. Die Startphase; 2. die Phase der konstanten Fortbewegung der Spitze; 3. das Einsetzen der Gegenreaktion.

Es wurde gesagt, dass in der Startphase die autonomen Nutationen bemerkbar sind. Auch in der Phase der konstanten Fortbewegung der Organspitze finden selbstverständlich Schwankungen statt, weshalb die Geschwindigkeit nur durchschnittlich konstant ist. In Tabelle XIX finden wir Schwankungen, die aber richtunglos und wohl Nutationen zuzuschreiben sind. Wie MAILLEFER (1912 S. 456) an *Avena*-Koleoptilen gefunden, wird sogar während des Fortgangs der Reaktion das Variabilitätsindex (σ) grösser.

Die Phase der konstanten Geschwindigkeit kommt auch bei Hauptwurzeln von *Pisum*, sowie bei Seitensprossen und Hauptsprossen von *Coleus* vor, wie aus folgenden Tabellen hervorgeht.

Hauptwurzel von *Pisum*. 25° C. Die Fortbewegung der Spitzenzone in Grad.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----|----------------|----------------|-----------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| Stunden | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | $1\frac{1}{4}$ | $1\frac{1}{2}$ | $1\frac{3}{4}$ | 2 | $2\frac{1}{4}$ | $2\frac{1}{2}$ | $2\frac{3}{4}$ | 3 | $3\frac{1}{4}$ | $3\frac{1}{2}$ | $3\frac{3}{4}$ | 4 | $4\frac{1}{4}$ | $4\frac{1}{2}$ | $4\frac{3}{4}$ | 5 St. |
| Zunahme | $2\frac{1}{2}$ | 10 | 21 | $36\frac{1}{2}$ | 52 | $62\frac{1}{2}$ | $75\frac{1}{2}$ | 86 | 91 | 88 | 84 | $82\frac{1}{2}$ | 80 | $79\frac{1}{2}$ | $78\frac{1}{2}$ | $76\frac{1}{2}$ | $77\frac{1}{2}$ | $81\frac{1}{2}$ | 92 | 87 | 80 |
| Differenzen .. | | 11 | $15\frac{1}{2}$ | $15\frac{1}{2}$ | $10\frac{1}{2}$ | 13 | $10\frac{1}{2}$ | | | | | | | | | | | | | | |

In Betracht der weiten Registrierungsintervalle sind die Geschwindigkeitswerte nicht so schlecht übereinstimmend. Sehr schön bestätigt sich unser Satz an Sprossen von *Coleus*.

Coleus hybridus. Ablenkung des jüngsten entwickelten Hauptspross-Internodiums bei der geotropischen Hinaufkrümmung. Zimmertemperatur. Dunkelheit.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|-----------------|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| Stunden | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Zunahme | 0 | $-1\frac{1}{2}$ | 4 | 11 | $20\frac{1}{2}$ | 27 | $38\frac{1}{2}$ | $48\frac{1}{2}$ | 60 | 70 | 77 | 86 | $89\frac{1}{2}$ | $93\frac{1}{2}$ | $97\frac{1}{2}$ | 101 |
| Differenz | | | | $9\frac{1}{2}$ | $6\frac{1}{2}$ | $11\frac{1}{2}$ | 10 | $11\frac{1}{2}$ | 10 | 7 | 9 | | | | | |

Zwischen 5 und 9 Uhr ist also die Geschwindigkeit konstant.

Coleus. Aufkrümmung von Seitensprossspitzen.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----|-----------------|----|
| Stunden | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Zunahme | 0 | 1 | $9\frac{1}{2}$ | $25\frac{1}{2}$ | 37 | 51 | $65\frac{1}{2}$ | $65\frac{1}{2}$ | $62\frac{1}{2}$ | $60\frac{1}{2}$ | $55\frac{1}{2}$ | $55\frac{1}{2}$ | $52\frac{1}{2}$ | 50 | — | — | — |
| Differenz | | | | 16 | $12\frac{1}{2}$ | 14 | $14\frac{1}{2}$ | | | | | | | | | | |
| Zunahme | 0 | — | — | — | — | $32\frac{1}{2}$ | $38\frac{1}{2}$ | 43 | 48 | 53 | 59 | 61 | $65\frac{1}{2}$ | $67\frac{1}{2}$ | 67 | $68\frac{1}{2}$ | 69 |
| Differenz | | | | | | 6 | $4\frac{1}{2}$ | 5 | 5 | 6 | | | | | | | |

Auch hier ist die Geschwindigkeit in einer mittleren Phase sehr konstant.

Die Tatsache, dass die geotropische Krümmung, wenn man sie als Gradablenkung misst, bei graphischer Darstellung im Wesentlichen eine gerade Linie bildet, wurde zum ersten Mal beiläufig von SIMON (1912) gestreift. Im folgenden Jahre wurde der Befund durch TRÖNDLES (1913) Messungen an Avena-Koleoptilen erweitert.

TRÖNDLES Angaben sind nicht mit meinen Befunden direkt vergleichbar, weil sie aus z. T. falschen Berechnungen hervorgegangen sind. TRÖNDLES Satz, dass die Bewegung der einzelnen Zonen anfangs mit konstanter Geschwindigkeit erfolge, gründet sich auf die Mittel mehrerer Keimlinge. Nun ist es aber klar, dass bei den Mitteln

die charakteristischen Schwankungen der Einzelzahlen verschwinden. Ferner ist es ganz unberechtigt, die Zonen verschiedener Keimlinge (über deren Länge bei TRÖNDLE nichts angegeben ist) gleichzustellen. Was folglich in den Mitteln zum Ausdruck kommt ist nur ein ungefährender Durchschnitt der Totalbewegung. Einen solchen und nichts anderes erreicht TRÖNDLE auch durch seine rechnerische Methode, die Mittel aller Zonen eines Keimlings zu bestimmen (z. B. Vers. 3, 4 usw. TRÖNDLE 1913 S. 154 ff.). Die Zahlen TRÖNDLES beweisen folglich dasselbe wie die meinigen, nämlich konstante Geschwindigkeit der Totalbewegung der Organspitze. Eine Vorstellung von der Bewegung der einzelnen Zonen lässt sich nur durch genaue Messungen an einzelnen Objekten gewinnen. Da TRÖNDLES Methode sehr grob und ungenau ist, sind seine Tabellen nicht zuverlässig. Ein Blick auf sie zeigt jedoch, dass die Zonen zumeist eine sehr unregelmässige Bewegung aufgewiesen haben dürften.

Dass dessenungeachtet auch an den *Avena*-Keimlingen nach TRÖNDLES Zahlen die totale Ablenkung der Spitze mit konstanter Geschwindigkeit (in Phase 2) stattfindet, geht, wie gesagt, aus seinen eigenen Mitteln hervor. In viel einfacherer Weise wäre diese Gesetzmässigkeit nachgewiesen, wenn TRÖNDLE direkt die Totalabweichung angegeben hätte. Durch Addition der Einzelabweichungen der Zonen aus seinen Tabellen bekommt man die Totalabweichung. Für Versuch 3 (a. a. O. S. 124) ist diese wie folgt:

| | Nach 20 Min. | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|----------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Zunahme | 4.61° | 6.97° | 16.43° | 26.80° | 35.18° | 42.50° | 51.94° |
| Differenz | | 9.46 | 10.37 | 8.38 | | | |

Zwischen 40 und 100 Minuten verläuft die Totalablenkung, wie man sieht, mit annähernd konstanter Geschwindigkeit.

TRÖNDLE hat in der zitierten Abhandlung auch zu beweisen versucht, dass die Reaktionszeit von jeder Zone der Koeoptile ihrer Entfernung von der Spitze proportional geht, d. h. die Krümmung soll zuerst an der Spitze beginnen und sich dann nach der Basis hin gleichmässig fortpflanzen. Eine einfache Überlegung lehrt nun, dass mit dieser Annahme eine andere folgt, dass nämlich die Totalablenkung der Spitze anfangs mit zunehmender Geschwindigkeit vor sich geht. Nach TRÖNDLES Messungen zu urteilen (a. a. O. 1913 S. 216 f.) scheint wirklich eine solche gleichmässige basalwärts fortschreitende Reaktion bei *Avena*-Koeoptilen vorzukommen. Die erwähnte konstante Geschwindigkeit der Totalablenkung kommt also zum Vorschein erst nachdem alle Zonen die Reaktion begonnen haben. Bei den *Pisum*-Nebenwurzeln kommt, wie vorher erwähnt, ein solches akropetales Fortschreiten der Bewegung nicht immer vor.

Die Startphase wurde von TRÖNDLE übersehen, offenbar weil er mit Mittelwerten operiert hat. Wenn er daher in Betracht seiner eigenen Befunde über die Permeabilität vermutet, »dass die anfängliche Konstanz der Reaktionsgeschwindigkeit ein allgemeines physiologisches Gesetz ist«, so hat dieses seine Richtigkeit nur insofern man die Startphase vernachlässigt. —

Nachdem wir jetzt die beiden ersten Phasen der geotropischen Bewegung der Nebenwurzeln in Detail studiert haben, wollen wir auch die Gegenreaktionen genau verfolgen und beginnen mit der autotropischen Bewegung.

Die dritte Phase der Krümmung wird durch ein kräftiges Einsetzen der Gegenreaktion charakterisiert. Demzufolge wird die Totalgeschwindigkeit verlangsamt und es kommt zu einer Art von Wettbewerb zwischen Reaktion und Gegenreaktion, von welchen die erstere allmählich ausklingt, als die Ruhelage bzw. Gleichgewichtslage

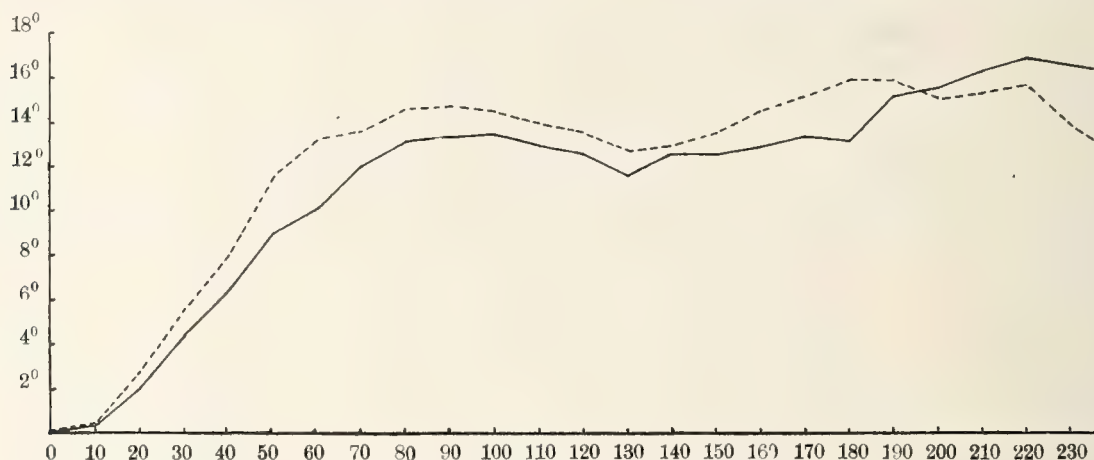


Fig. 10.

Versuch 308. Geotropische Krümmung von klinostatgewachsenen Wurzeln in 0° -Lage und periodische Schwingungen vor dem Erreichen der Gleichgewichtslage. Zwei Wurzeln. Der Versuch ist auch in Fig. 7 dargestellt.

erreicht ist. Um den autotropischen Vorgang ungestört von Schwerkraftinduktion verfolgen zu können, muss man Pflanzen untersuchen, die nach der Reizung am Klinostat gedreht werden. Die Registrierungen erfolgten in den unten mitgeteilten Versuchen in Intervallen von 12 Minuten. Die Achse wurde in sechs um 60° divergierende Lagen alle zwei Minuten arretiert.

Versuch 304. 25.9° . Normalgewachsen. 0° 20 Min. Dann Klinostat.

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 6 | 12 | 18 | 32 | 44 | 56 | 68 | 80 | 92 | 104 | 116 | 128 | 140 Min. |
| 0 | 0 | 0 | 3° | 2° | 4° | 4° | 2° | 2° | 2° | — | 4° | 3° | 3° |

Versuch 305. 25.7° . Klinostatpflanze. 0° 25 Min. Dann Klinostat. Siehe Fig. 11.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----------|----------------------|----|-----------|------------|------------|----------------------|------------|----------------------|----------------------|-----------|-----------|------------|-----------|----------------------|-----------------------|
| 10 | 16 | 22 | 28 | 36 | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 | 120 | 132 | 144 | 156 | 168 | 180 |
| 0 | 2° | $2\frac{1}{2}^\circ$ | — | 8° | 10° | 16° | 16° | — | — | 10° | 8° | 8° | 10° | 9° | $9\frac{1}{2}^\circ$ | $12\frac{1}{2}^\circ$ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 192 | 204 | 216 | 228 | 240 | 252 | 264 Min. | | | | |
| | | | | | | 11° | $8\frac{1}{2}^\circ$ | 10° | $9\frac{1}{2}^\circ$ | $9\frac{1}{2}^\circ$ | 6° | 7° | | | | |

Die Gegenreaktion erreicht ein erstes Maximum. Das Zurückgehen erfolgt im Versuch 305 mit konstanter Geschwindigkeit ab 72 bis 120 Min. (siehe Fig. 11). Dann folgen undeutliche Nachschwingungen. —

Eine wirkliche Periodizität der Nachschwingungen beobachtet man nach Reaktionsausgleichung durch die Längskraft. Siehe die in Fig. 12 u. 13 dargestellten und die im folgenden mitgeteilten Versuche!

Versuch 230. 27° — 28° . 0° in 45 Minuten. Dann -90° . Spitzenablenkung.

| | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | $1\frac{1}{4}$ | $1\frac{1}{2}$ | $1\frac{3}{4}$ | 2 | $2\frac{1}{4}$ | $2\frac{1}{2}$ | $2\frac{3}{4}$ | 3 |
|-----|---|-------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|--------------|----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| I. | 0 | $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ | -1° | $6\frac{1}{2}^{\circ}$ | 9° | $10\frac{1}{2}^{\circ}$ | $5\frac{1}{2}^{\circ}$ | -2° | -4° | -3° | -5° | -8° | -8° |
| II. | 0 | $\frac{1}{2}^{\circ}$ | $\frac{1}{2}^{\circ}$ | 4° | $12\frac{1}{2}^{\circ}$ | 14° | $8\frac{1}{2}^{\circ}$ | 0° | -1° | — | $3\frac{1}{2}^{\circ}$ | $-2\frac{1}{2}^{\circ}$ | $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ |

| | $3\frac{1}{4}$ | $3\frac{1}{2}$ | $3\frac{3}{4}$ | 4 | $4\frac{1}{4}$ | $4\frac{1}{2}$ Stunden. |
|-----|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| I. | -5° | 0° | -3° | -3° | -2° | 4° |
| II. | $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ | 0° | $-1\frac{1}{2}^{\circ}$ | $-6\frac{1}{2}^{\circ}$ | $-8\frac{1}{2}^{\circ}$ | $-5\frac{1}{2}^{\circ}$ |

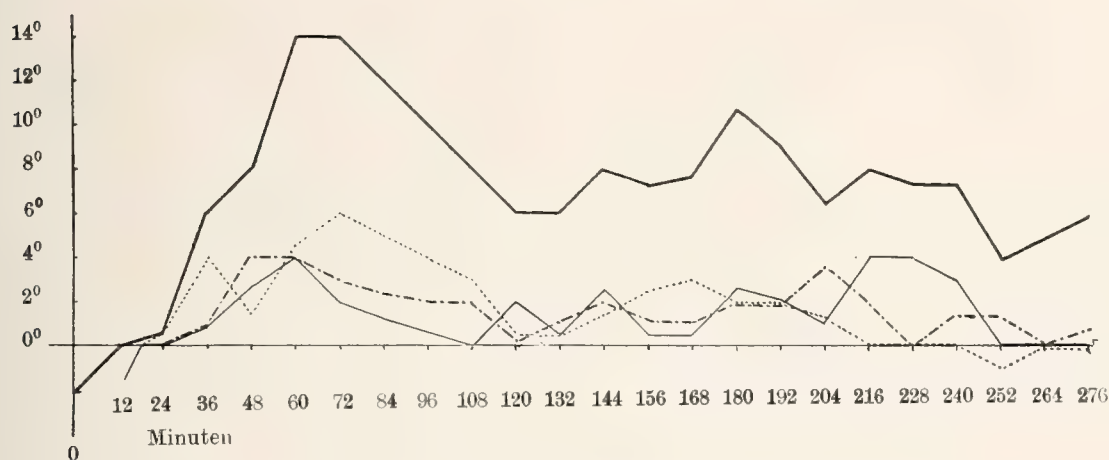


Fig. 11.

Versuch 305. Geotropische Krümmung (Reizung 25 Minuten) und autotropische Ausgleichung am Klinostat. Registrierung in Intervallen von 12 Minuten.

—— Totalbewegung der Spitze.
 ——— Partialbewegung der ersten Zone.
 „ „ „ zweiten „
 - - - - - „ „ „ dritten „

Versuch 240. 24° — 25° . 0° 50 Minuten. Dann -75° à -78° . Spitzenablenkung.

| | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| I. | 0° | 0° | 0° | 0° | 0° | 3° | 4° | 8° | 10° | 13° | 16° | 16° | 17° | 19° | 18° | 18° | 16° |
| II. | 0° | -1° | -1° | -1° | 0° | 3° | 5° | 7° | 10° | 13° | 14° | 19° | 21° | 19° | 18° | 17° | 15° |

| | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 135 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 360 |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| I. | 14° | 12° | 10° | 8° | 8° | 6° | -4° | -5° | -1° | 0° | -2° | -3° | -3° | -4° | -2° |
| II. | 14° | 12° | 12° | 11° | 9° | 6° | -2° | -5° | 2° | 2° | 0° | 0° | -1° | -1° | -1° |

| | 420 | 480 | 540 | 600 | 660 | 720 Min. |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| I. | -5° | -2° | -2° | -5° | -4° | -2° |
| II. | -2° | -4° | -4° | -4° | -4° | -6° |

Die Tatsache, dass die autotropische oder durch die Längskraft ausgelöste Gegenreaktion einen ähnlichen Verlauf hat wie die primäre geotropische Bewegung (aus den Figg. 12 u. 13 erhellt, dass die Gegenreaktion ebenfalls mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt) verhilft uns zu einem klareren Verständnis der oben unterschiedenen drei Hauptphasen der Krümmungsbewegung. Bemerkenswert ist vor allem das kurze Übergangsstadium zwischen Reaktion und Gegenreaktion. Die Bewegung steht hier entweder still oder wird in der einen oder andern Richtung verlangsamt. Dieses entspricht ganz der Startphase der primären Reaktion. Die Startphase der Gegenreaktion wird definiert als das Stadium, in welchem die vorherige Bewegungsart (die Primärreaktion) durch die neue Reizung gehemmt und überwunden wird. Nach einem Knick (»Reaktionsschwelle«) in der Kurve setzt dann

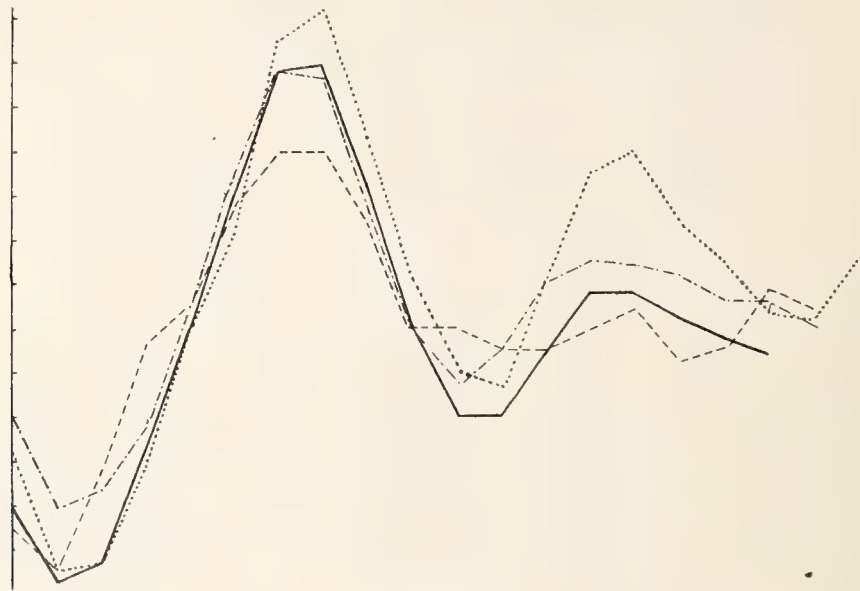


Fig. 12.

Versuch 232. Geotropische Krümmung während $1\frac{1}{2}$ St. in $\pm 180^\circ$ -Lage. Dann Ausgleichungsbewegung und Nachschwingung in -90° . Der Versuch ist in Fig. 4 nach dem Film dargestellt. Vier Wurzeln. Jede Kurve entspricht einer Wurzel (Totalbewegung der Spitze).

die zweite Phase, die der ungehemmten Antireaktion ein, bis wieder ein anderer Reiz (jetzt die Nachwirkung der primären Induktion) diese besiegt usw.

Die Versuche zeigen also, dass eine Reaktion einen völlig ungehinderten Verlauf haben kann (denn als einen solchen müssen wir die zweite Bewegungsphase ansehen), obwohl andere Erregungen vorhanden sind, die eine entgegengesetzte Reaktion auszulösen im Stande sind. Hieraus folgt, dass die in vollem Gang befindliche Reaktion die Auslösung der Gegenreaktion hemmt: Durch die eine Bewegung wird die andere in Latenzstadium versetzt.

Die Tatsachen lehren aber weiterhin, dass die Hemmungswirkung einer Reaktion eine Grenze hat. Man kann es als Ermüdung oder dgl. bezeichnen. Dann wird die latente Erregung wieder aktiv, es kommt zu einem Widerstreit zwischen der

ermüdenden und der neu anfangenden Reaktion und nach der hierdurch verursachten »Startphase« behält die letztere den Sieg, bis sie wiederum ermüdet usw.

Dass nach einer durch zwei entgegengesetzte Reize bewirkten Schwingung eines Organs Nachschwingungen einsetzen, wie wir sie bei den Nebenwurzeln besonders schön beobachten, beweist, dass die Erregung auch nach der Ermüdung der Reaktion und während des Entfaltens der Gegenreaktion fortbesteht und erst allmählich, nach mehreren Schwingungen, ausklingt. In den Nachschwingungen besitzen wir deshalb ein Maas für das Ausklingen der Erregung.

Die ersten durch das Reizpaar Querkraft—Längskraft verursachten Nachschwingungen verlaufen im allgemeinen sehr regelmässig nach demselben Schema

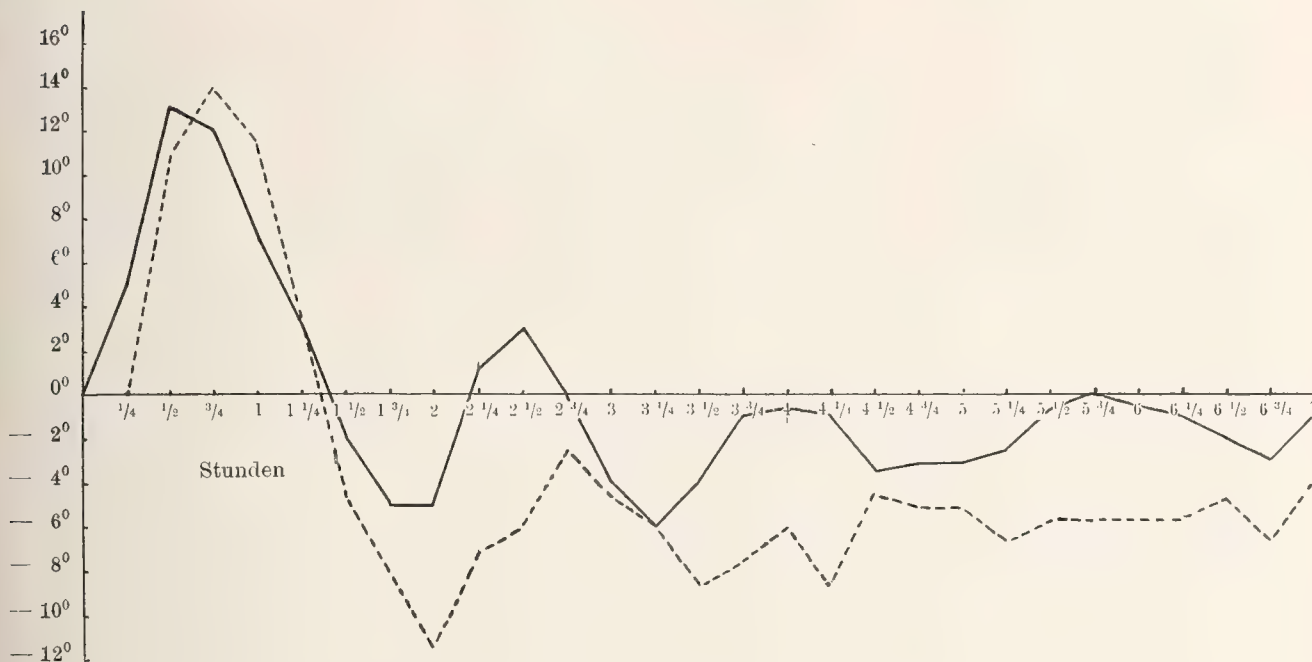


Fig. 13.

Versuch 233. Geotropische Krümmung von zwei Wurzeln während $\frac{1}{2}$ St. in 0° -Lage. Dann Ausgleichung und allmählich ausklingende Nachschwingungen in -90° . Totalablenkung der Wurzelspitzen. Registrierung in Viertelstunden.

wie die Primärreaktionen. Dann werden sie unregelmässiger und Maxima und Minima der Kurve werden abgerundet (siehe namentlich Fig. 13). Die zweite Bewegungsphase (mit der konstanten Geschwindigkeit) wird immer kürzer und undeutlicher. Wenn sie ganz verschwindet, so hat man theoretisch eine sogen. Sinuskurve d. h. einen Wellenverlauf der Kurve zu erwarten. Einige Schlafbewegungen (und schwächere Bewegungen überhaupt) dürften schon von Anfang an in dieser unvollständigeren Weise verlaufen. Die meisten nastischen Bewegungen dürften, nach den durch PFEFFER, STOPPEL u. a. Forschern veröffentlichten Kurven zu urteilen, unserem Schema folgen. Da jedoch die nastischen Bewegungen zumeist in einer einfacheren Weise registriert wurden, so bedeutet z. B. in den Abhandlungen von PFEFFER (1907, 1915) eine gerade Linie nicht ohne weiteres eine konstante Ge-

schwindigkeit der Bewegung. Weitere Untersuchungen müssen also die Verbreitung der hier geschilderten Verhältnisse nachweisen.

Dass die Perioden beim Reizpaar Querkraft—Längskraft so viel deutlicher als beim Geotropismus—Autotropismus hervortreten, kann auf der energischeren Wirkung der Längskraft beruhen. Doch sei auf die Verschiedenheit der beiden Reizvorgänge hingewiesen, indem der Autotropismus nach der herrschenden Meinung auf einem inneren Reiz beruht, der seine Ursache in der geotropischen Reaktion hat. Es bleibt daher zu untersuchen, ob der autotropische Reiz überhaupt längere Zeit nach der Reaktionsermüdung fort dauert oder ob er bei jedem geotropischen Nachwirkungsvorgang aufs Neue erzeugt wird. Ich habe diese Frage nicht weiter verfolgt. Jedenfalls sei auf die grosse Unregelmässigkeit der autotropischen Bewegung hingewiesen (Versuch 305).

Wenn wir im Vorhergehenden (S. 40) die Längskraftausgleichung mit dem autotropischen Reaktionsausgleich verglichen haben, so sei hier nochmals betont, dass dieser Vergleich nur ein äusserlicher ist. Schliesslich sei bemerkt, dass wenn wir von Nachwirkungen vom Reizpaar Querkraft—Längskraft gesprochen haben, dieses streng genommen nur insofern richtig ist, als die Querkraft tatsächlich nachwirkt (als Erregung). Die Längskraft dürfte dagegen nach dem im vorhergehenden Kapitel Mitgeteilten eine sehr kurze Abklangszeit haben. In den oben erwähnten Versuchen geschah aber eine dauernde Neuinduktion seitens der Längskraft (die Wurzeln standen konstant in -90° -Lage). Am Klinostat wären die Nachschwingungen höchst wahrscheinlich viel unansehnlicher gewesen. Die Versuchsanstellung erinnert aber sehr an die von PFEFFER u. a. benutzte, um Nachschwingungen der Schlafbewegungen zu beobachten. Denn auch hier wirkte der eine Reiz (Dunkelheit, = bzw. Licht) konstant. —

Die Tatsache, dass in der zweiten Phase die Totalbewegung der Wurzelspitze so gleichmässig geht, als ob der ganze Vorgang eben auf sie hinzielte, hat die praktisch wichtige Bedeutung, dass man sich beim Verfolgen der Bewegungsvorgänge der Wurzeln auf die Messung der Spitzenablenkung beschränken kann.

KAP. VII. Über die Nutationen.

Um die Nutationen der Nebenwurzeln zu verfolgen, sollte man eigentlich dieselben in zwei gegeneinander senkrechten Richtungen registrieren. Wegen der Umständlichkeit der Methode habe ich bis jetzt derartige Versuche nicht angestellt; für die vorliegenden Studien hätten sie auch keine grössere Bedeutung gehabt.

Unten sind die Ergebnisse von Messungen an Wurzeln in der Normallage angegeben. Die gemessenen Abweichungen fallen in der Insertationsebene der Nebenwurzeln.

TABELLE XX.

Versuch. 91. Temperatur 26.4°. Nutationen in der Normallage.

| Länge der Wurzel: anfangs 15.5 Mm., nach 14 Stunden 25 Mm. Gleichgew. \angle von Zone I 25° | | | | |
|--|---------------------|--------------|-----------------------|--------|
| Stunden | Zone I (6.5 Mm.) | II (6.5 Mm.) | III (2.5— 6.5 Mm.) | IV |
| 0 | 0° | 2° | 5° | — |
| 1 | — 2° | 5° | 1° | — |
| 2 | — 1° | 4° | 2° | — |
| 3 | — 1° | 4° | 6° | — |
| 4 | — 4° | 5° | 6° | — |
| 5 | — 3° | 5.5° | 6° | — |
| 6 | — 3.5° | 4.5° | 6° | — |
| 7 | — 3° | 4° | 6° | — |
| 8 | — 2.5° | 5° | 4.5° | — |
| 9 | — 3° | 5° | 7° | — |
| 10 | — 3° | 4° | 8° | — |
| 11 | — 2.5° | 4° | 7° | — 3° |
| 12 | — 2° | 3° | 9° | + 3° |
| 13 | — 1° | 3° | 7° | — 3.5° |
| 14 | 0° | 1° | 11° | + 1° |
| 15 | — 1° | 4° | 9° | — 2° |

Anmerkungen. Zone I ist die Basis; IV ist die neu hinzugekommene Spitzenzone. Die Ziffern bedeuten die Partialablenkung der Zonen.

Aus dieser Tabelle ersieht man, dass der älteste Teil der Wurzel wenig nutiert. Etwas mehr bewegt sich die Zone II. Eigentliche Perioden scheinen nicht vorzukommen. Die apikale Zone III weist eine sehr langsam gehende Bewegung abwärts

auf. Die eigentliche Spitze (etwa 2 Mm.) schwankt hin und her in kurzen Perioden (Zone III anfangs; Zone IV). Dasselbe ersieht man aus folgendem Versuch, in dem Spitzenablenkung und Wachstum gemessen wurden.

Versuch 91. Wurzel II. 5.5—10 Mm.

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 Stunden |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------|
| 24° | 24° | 23° | 24° | 28° | 25° | 28° | 28° |
| 0 | 2 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3.5 = Neuzuwachs in Mikrom.-Str. |

Eine andere Wurzel derselben Pflanze krümmte sich langsam abwärts.

Versuch 91. Wurzel I. 2.5—5.5 Min.

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 Stunden |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|---------------------------------|
| 42.5° | 33° | 28° | 23° | 18° | 17° | 17.5° | 20° |
| 0 | 6 | 7 | 9.5 | 8.5 | 10 | 7 | 10 = Neuzuwachs in Mikrom.-Str. |

Hier wird also das Gleichgewicht zwischen Querkraft und Längskraft verschoben, bis ein endgültiger Zustand erreicht ist — eine Tatsache, welche häufig an Nebenwurzeln zu beobachten ist, die eben aus der Wurzelrinde hervorgebrochen sind oder Bedingungsänderungen erleiden.

Die Nutationen in der normalen Gleichgewichtslage sind, nach meinen Versuchen zu urteilen¹, unbedeutend, namentlich im oberen Teil der Wurzel. Dass die Spitze etwas lebhafter nutiert, hat je kein Wunder. Methodisch wichtig ist die Tatsache, dass die Exposition bei der Registrierung keine bemerkbare Reizwirkung ausübt. Die empfangenen Lichtmengen sind auch sehr klein.

In der normalen Gleichgewichtslage sind die Wurzeln zwei opponierten Reizwirkungen ausgesetzt. Die hier beobachteten Nutationen, bzw. die Abwesenheit von solchen, beruhen wohl daher zum grossen Teil auf autonomen Faktoren. In folgender Tabelle sind die Resultate einiger Versuche mit Pflanzen angegeben, die intermittierend in zwei um 180° divergierende Lagen gereizt wurden. Die Schwerkraft kann zwar nicht aufgehoben werden, am Klinostat empfängt das Objekt immer opponierte, obwohl gleichartige Reize. Falls Nutationen aus inneren Ursachen vorkommen, werden sie wahrscheinlich am Klinostat mehr ungehindert zum Vorschein kommen als in der normalen Gleichgewichtslage.

¹ Alle Versuche sind nicht hier mitgeteilt.

TABELLE XXI.

Klinostatpflanzen, intermittierend in zwei um 180° divergierende Lagen gereizt. Umdrehungszeit etwa 5 Min.
Ablenkung der Wurzelspitze von der Anfangslage in Grad.

| Versuch | Temp. | 0 | 1/2 | 1 | 1 1/2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 Stunden |
|-------------------------------|-------|---------|-----|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|-----|--------|---------|---------|-----|---------|-----|----|---------|-----|---------------|
| 267 | 1 | 24° | 0° | 2 1/2° | 3 1/2° | 3 1/2° | 5° | 3 1/2° | 6 1/2° | 7 1/2° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | — | 0° | —3 1/2° | —5° | —7° | —8° | —11° | —10° | —10° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | — | 0° | —1° | —1 1/2° | —2° | —2 1/2° | 0° | 2° | —4° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 268 | 1 | 24° | 0° | — | 6° | — | 3° | —5 1/2° | 11 1/2° | 1° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | — | 0° | — | 7° | — | 1 1/2° | — | 8 1/2° | 5° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 269 (Wurzeln sehr lang) | 1 | 28° | 0° | — | 5 1/2° | — | 3 1/2° | 5 1/2° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | — | 0° | — | 3 1/2° | — | 3° | 0° | 2 1/2° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 3 | — | 0° | — | 4 1/2° | — | 5° | 7° | 8 1/2° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 4 | — | 0° | — | 8 1/2° | — | 5° | 6° | 8 1/2° | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 271 | 1 | 28 1/2° | 0° | — | 3 1/2° | — | 4° | 1° | — | — | 6° | 4° | — | 4 1/2° | 2 1/2° | 1° | 0° | —1 1/2° | —3° | — | —6° | —4° | —3° |
| | 2 | — | 0° | — | 0° | — | — | — | — | — | 1 1/2° | 1 1/2° | 3° | 1° | —6° | —5 1/2° | —6° | —5° | —3° | — | —6° | —5° | —4 1/2° |
| | 3 | — | 0° | — | 5 1/2° | — | 5° | 5 1/2° | 9° | 10° | 11° | 12° | 13° | 15° | 14 1/2° | 14° | 15° | 13° | 14° | — | 14 1/2° | — | — |

Anmerkung. + bedeutet Ablenkung nach der morphologischen Unterseite, — nach der morph. Oberseite.

Die einzelnen Wurzeln, auch diejenigen an derselben Pflanze, verhalten sich recht verschieden. Im allgemeinen sind jedoch die Nutationen am Klinostat heftiger als in der Normallage. Auch einseitige Ablenkungen der Wurzeln kommen vor, sowohl nach der Oberseite wie nach der Unterseite.

Dass am Klinostat die Hauptwurzeln viel stärker zu nutieren pflegen als in der geotropischen Gleichgewichtslage, wurde schon von Sachs bemerkt (1874, 1892 S. 790). Auch FRITZSCHE (1899) fand am Klinostat viel stärkere und unregelmässige Bewegungen als unter der einseitigen Schwerewirkung. Versuche, die ich mit Hauptwurzeln von *Pisum* angestellt habe, bestätigten diese Beobachtungen. Die Wurzeln wachsen niemals geradelinig. Einseitige Bewegungen, die zu dauernden Krümmungen führen können, kommen häufig vor. Im Vergleich hiermit wachsen die klinostatierten Nebenwurzeln viel regelmässiger und erreichen in der Regel eine gleich gerade Form wie in der normalen Gleichgewichtslage, was das Experimentieren mit ihnen sehr erleichtert. Die einseitigen Bewegungen (siehe Tabelle XXI) werden daher zumeist wieder ausgeglichen. Die Nutationen verlaufen überhaupt sehr unregelmässig, bald langsam, bald stossweise. —

Wenn man klinostatierte Wurzeln in -90° -Lage versetzt, sind die Nutationen die ersten 4 bis 5 Stunden schwach, was mit dem Verhalten der Hauptwurzeln übereinstimmt. Allmählich treten jedoch einseitige Bewegungen ein, die wir im Teil II schildern werden.

Auffallende Nutationen zeigen die meisten Nebenwurzeln, die aus der Normallage in -90° gebracht werden. In folgender Tabelle ist das Verhalten von mehreren Wurzeln angegeben.

TABELLE XXII.

Versuch 72. Aus Normallage in -90° . Temp. 25.1° .
Ablenkung der Spitze in Grad.

| Minuten | Wurzel 1 | Wurzel 2 | Wurzel 3 |
|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 10 | $0^\circ (-90^\circ)$ | $0^\circ (-90^\circ)$ | $-5^\circ (-95^\circ)$ |
| 40 | -10° | -19° | — |
| 70 | -5° | 0° | -7° |
| 108 | -8° | -11° | -4° |
| 130 | -4° | -12° | -8° |
| 190 | -2° | -20° | -7° |
| 250 | -2° | -32° | -8° |
| 310 | $+5^\circ$ | -23° | -5° |
| 370 | -2° | -10° | -5° |
| 430 | $+3^\circ$ | -12° | -4° |
| 490 | $+4^\circ$ | -16° | -1° |
| 550 | -4° | -14° | -5° |
| 610 | $+8^\circ$ | -10° | -4° |

Versuch 74. Aus Normallage in -90° . Temp. 26.15° .
Ablenkung der Spitze in Grad.

| Minuten | Wurzel 1 | Wurzel 2 |
|---------|-----------------------|-----------------------|
| 15 | $0^\circ (-90^\circ)$ | $8^\circ (-98^\circ)$ |
| 75 | 3° | 6° |
| 135 | 2° | 4° |
| 195 | 5° | 0° |
| 255 | 6° | 0° |
| 315 | 4° | 2° |
| 375 | 4° | 2° |

Versuch 316. Aus der Normallage in -90° . Temperatur 24.9° .

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 Stunden |
|----------|-----------|------------|------------|-----------------------|------------------------|-------------|------------------------|
| I | 0° | -3° | -4° | $-2\frac{1}{2}^\circ$ | -6° | -4° | $-2\frac{1}{2}^\circ$ |
| II | 0° | -1° | -6° | $-9\frac{1}{2}^\circ$ | $-13\frac{1}{2}^\circ$ | -15° | $-14\frac{1}{2}^\circ$ |

Versuch 318. Aus Normallage in -70° . Temp. 25.6° .

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 Stunden |
|----------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| I | 0° | $2\frac{1}{2}^\circ$ | $\frac{1}{2}^\circ$ | $2\frac{1}{2}^\circ$ | $3\frac{1}{2}^\circ$ | $2\frac{1}{2}^\circ$ |
| II | 0° | $2\frac{1}{2}^\circ$ | $2\frac{1}{2}^\circ$ | 2° | 2° | — |

Versuch 319. Temperatur 25.2° . Normalgewachsene Pflanzen mit etwa 3 g
in Normallage während einer Stunde zentrifugiert. Dann -90° -Lage.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 Stunden |
|----------|-----------|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| I | 0° | -1° | 2° | $5\frac{1}{2}^\circ$ | $-2\frac{1}{2}^\circ$ | $-3\frac{1}{2}^\circ$ | $-5\frac{1}{2}^\circ$ | $-5\frac{1}{2}^\circ$ |
| II | 0° | -8° | $1\frac{1}{2}^\circ$ | 4° | -3° | -6° | -7° | -7° |

Anmerkung. Ablenkung nach der morph. Unterseite wird mit +, nach der morph. Oberseite mit — bezeichnet.

Auch hier verhalten sich die einzelnen Wurzeln sehr verschieden. Im Versuch 72 führen die Wurzeln 1 u. 3 ziellose Bewegungen mit einem Spielraum von 18° bzw. 7° aus. In den Versuchen 74 und 318 ist der Bewegungsspielraum 6° , 8° , $2\frac{1}{2}^\circ$, $3\frac{1}{2}^\circ$. Im Versuch 72 bewegt sich die Wurzel 2 sehr lebhaft (19° in 30 Minuten) und endet mit einer schwachen bleibenden Bewegung nach der morphologischen Oberseite. Auch in den Versuchen 316 u. 319 macht sich

dieselbe Tendenz bemerkbar. In anderen hier nicht aufgeführten Versuchen wurden ebenfalls solche negative Bewegungen beobachtet. Sehr selten kommen gleich starke positive bleibende Nutationen vor (im Vers. 74 Wurzel I $+4^\circ$, im Vers. 318 nur $+2^\circ$), was um so bemerkenswerter ist, als am Klinostat diese bleibenden Bewegungen gleich häufig nach der positiven wie nach der negativen Seite gerichtet sind (vgl. Tabelle XXI). Wir werden auf diesen interessanten Unterschied im Teil II zurückkommen.

Die lebhaften Nutationen der in -90° -Lage versetzten Nebenwurzeln haben wohl ihren Grund darin, dass die Wurzeln in eine neue Reizlage kommen, so dass die Nachwirkungen und die neue Reizung mehr oder weniger periodische Schwingungen verursachen. Haben wir doch vorhin gesehen, dass geotropisch gekrümmte, in -90° -Lage versetzte Wurzeln nach dem Ausgleich periodische Nachschwingungen ausführen. Da schon in der Normallage eine geotropische Perzeption stattfindet, muss in jeder Wurzel, die aus dieser Lage in -90° -Lage gebracht wird, eine Gegenreaktion durch die Längskraft bewirkt werden, und hierdurch sind die Bedingungen von Schwingungen (Nutationen) gegeben.

Zusammenfassung.

I. Die Methodik war für die in dieser Abhandlung gewonnenen Ergebnisse von einschneidender Bedeutung. Dies gilt namentlich von der Apparatur für automatische photographische Registrierung. Dank dieser exakten Methodik war es möglich, die Bewegungen in die Einzelheiten zu verfolgen, und jede Abweichung der Wurzel- oder Stammspitze von der Anfangslage zu messen. Als Maass für die Bewegung diente die Winkelablenkung der Organspitze (vgl. XI).

Als Material für das Studium der Wurzelplagiotropie wurde fast ausschliesslich eine Erbsenrasse, »Concordia-Erbsen« aus Svalöf (reine Linie), benutzt. Jedoch verhalten sich die Nebenwurzeln von *Cucurbita* im Wesentlichen gleich.

II. Die Präsentationszeit der 5—15 Mm. langen Hauptwurzeln beträgt etwas weniger als 5 Minuten, die Präsentationszeit der 5—30 Mm. langen Nebenwurzeln etwa 12 Minuten.

Die Reaktionszeit der Hauptwurzeln beträgt im Mittel 56 Minuten, die der Nebenwurzeln 30—40 Minuten.

Präsentationszeitbestimmungen müssen am Klinostat ausgeführt werden. In der Vertikallage erhöht sich die Präsentationszeit der Hauptwurzeln auf 7 Minuten oder mehr wegen der hemmenden, von Fräulein Riss entdeckten Längskraft.

Die erwähnten Angaben fussen auf der üblichen rohen Schätzung des Krümmungseintritts. Beim Messen der Reaktionsstärke erhält man jedoch ähnliche relative Werte für die Empfindlichkeit der Haupt- und Nebenwurzeln.

SACHS' Deutung der Plagiotropie der Nebenwurzeln ist unrichtig.

III. Die Nebenwurzeln sind in ähnlicher Weise positiv geotropisch wie die Hauptwurzeln, was durch Folgendes dargelegt wurde:

a. Die Horizontallage ist optimale Reizlage.

b. Bei intermittierender Reizung laut dem Sinusgesetz findet keine Reaktion statt.

c. Bei Doppelreizung in Intervallen, die um $\pm 180^\circ$ differieren, findet keine Reaktion statt.

CZAPEKS (1895) Annahme, dass die Nebenwurzeln transversalgeotropisch wären, ist unrichtig.

IV. In der Vertikallage (-90°) findet sogar nach 5 Stunden keine tropische Reizperzeption statt.

Die Plagiotropie kommt nicht durch Zusammenwirken von Geotropismus und inneren Richtungsreizen (Morphästhesie, NOLL) zustande. Die Nebenwurzeln sind physiologisch radiär.

V. Die Schwerkraft übt eine zwiefache Reizwirkung aus. An einer schräg gestellten Nebenwurzel induziert die quer zur Längsachse gerichtete Komponente eine positiv geotropische Krümmung; die Längskomponente bewirkt eine Hemmung und Ausgleichung der durch die Querkomponente induzierten Reaktion. Je steiler die Wurzel geneigt ist, um so stärker wirkt die ausgleichende Längskomponente, um so schwächer die Querkomponente. In einem bestimmten Winkel, dem Gleichgewichtswinkel, sind Krümmung und Ausgleichung gleich intensiv, die Wurzel bleibt deshalb gerade und wächst in dem plagiotropen Neigungswinkel fort.

VI. Die Längskraft hemmt nicht die Perzeption des von der Querkomponente ausgehenden geotropischen Reizes, sie wirkt nur hemmend und ausgleichend auf die Reaktion. In der Normallage findet daher eine fortwährende geotropische Reizaufnahme statt, obwohl diese erst am Klinostat zu einer sichtbaren Reaktion führt.

VII. Der Autotropismus bewirkt einen viel schwächeren Reaktionsausgleich als die Längskraft. Völlig ausgeglichen werden in beiden Fällen nur frische Krümmungen.

VIII. Der Längsreiz klingt viel schneller aus als der geotropische Reiz.

IX. Bei intermittierender Reizung in den beiden Vertikallagen ($+90^\circ$ und -90°) findet kein Ausgleich statt. Wahrscheinlich wirkt die basiskope Längskomponente reaktionsbegünstigend oder sie hebt jedenfalls den Erfolg des akroskopen Hemmungsreizes auf. Es ist deshalb gleichgültig, welche Lage die Objekte zur Klinostatachse einnehmen, ob sie mit ihr parallel sind oder senkrecht auf sie stehen; eine Schwerkrafthemmung der tropistischen Reaktion findet an der horizontalen Klinostatachse nicht statt.

X. Der für die Plagiotropie der Seitenwurzeln verantwortliche Ausgleichsreiz ist möglicherweise identisch mit dem von FR. RISS entdeckten Längsreiz an Hauptwurzeln. Jener ist jedoch viel stärker als dieser.

XI. Bei der geotropischen Krümmung und den Ausgleichungsvorgängen hat die Totalbewegung der Spitze einen regelmässigeren Verlauf als die Partialbewegungen der einzelnen Zonen.

XII. Der Bewegungsvorgang zerfällt in drei Phasen. In der Startphase (1) wird die Bewegung vorbereitet und der frühere Bewegungszustand überwunden. Die hierauf folgende Hauptphase (2) wird dadurch charakterisiert, dass die Organspitze mit konstanter Geschwindigkeit sich fortbewegt (als Winkelablenkung gemessen). Auch Hauptspross und Seitensprosse von *Coleus* bewegen sich mit konstanter Geschwindigkeit. Dann setzt die Gegenreaktion (3) ein, durch welche die Bewegung gehemmt wird.

XIII. Der Wettstreit zwischen Reaktion und Gegenreaktion bedingt ein Hin- und Herpendeln der Organspitze, wie schon SIMON betreffs der autotropischen Ausgleichung beobachtet hat.

XIV. Unter dem Einfluss der Längskraft als ausgleichenden Reiz treten periodische Bewegungen der Spitze auf. Diese Bewegungen sind anfangs sehr regelmässig und klingen allmählich in unregelmässigerer Form aus. Auch die Gegenreaktion weist in den ersten Perioden die in XII erwähnten Phasen auf.

XV. Die Nutationen sind in der Normallage unbedeutender als in -90° oder am Klinostat. In den letztgenannten Fällen treten zuweilen einseitige Ablenkungen ein, die nicht zurückgehe.

Zitierte Literatur.

- ARISZ, W. H., 1915. Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil des travaux botaniques Néerlandais. Vol. XII. Livr. 1.
- BACH, H., 1907. Über die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen äusseren Faktoren. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. XLIV. H. 1.
- BLAAUW, A. H., 1909. Die Perzeption des Lichtes Recueil d. trav. bot. néerl. Vol. V.
- , 1914, 1915. Licht und Wachstum I u. II. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 6 u. 7.
- BOSE, J. CH., 1906. Plant response as a means of physiological investigations.
- , 1913. Researches on irritability of plants. New York, Bombay and Calcutta.
- BRUCK, W. F., 1904. Untersuchungen über den Einfluss von Aussenbedingungen auf die Orientierung der Seitenwurzeln. Zeitschr. f. allgemeine Physiologie. Bd. 3.
- CZAPEK, FR., 1895. Über die Richtungsursachen der Seitenwurzeln und einiger anderer plagiotroper Organe. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-nat. Cl. Bd. CIV. Abt. I.
- , 1898. Weitere Beiträge zur Kenntniss der geotropischen Reizbewegungen. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. XXXII. H. 2.
- DUTROCHET, H., 1824. Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux. Paris. p. 101—102.
- FITTING, H., 1905. Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. XLI. H. 2 u. 3.
- FRITZSCHE, C., 1899. Über die Beeinflussung der Circumnutation durch verschiedene äussere Faktoren. Dissertation. Leipzig.
- GUTTENBERG, H. R. v., 1911. Über die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Celeoptile der Gramineen. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 50.
- JOST, L., 1912. Die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzelspitze. Zeitschr. f. Botanik. 4 Jahrg. H. 3.
- JOST, L. u. STOPPEL, R., 1912. Die Veränderung der geotropischen Reaktion durch Schleuderkraft. Zeitschr. f. Botanik. 4 Jahrg. H. 3.
- LEITCH, J., 1916. Some experiments on the influence of temperature on the rate of growth in *Pisum sativum*. Annals of Botany. Bd. 30.
- MAILLEFER, A., 1910. Étude sur la réaction géotropique. Bull. Soc. vand. sc. nat. Vol. XLVI. 169.
- , 1912. Nouvelle étude expérimentale sur le géotropisme et essai d'une théorie mathématique de ce phénomène. Bull. Soc. vand. sc. nat. Vol. XLVIII.
- MIEHE, H., 1915. Beiträge zum Windeproblem. PFEFFER-Festschrift.
- NOLL, FR., 1892. Über heterogene Induktion. Leipzig. 1892.
- , 1894. Über eine neue Eigenschaft des Wurzelsystems. Botan. Centralbl. Bd. 60, S. 129.
- NORDHAUSEN, M., 1907. Über Richtung und Wachstum der Seitenwurzeln unter dem Einfluss äusserer und innerer Faktoren. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 44.
- PÄAL, A. v., 1914. Individuelle Abweichungen in physiologischen Reaktionen. I. Mitteilung. Temperatur und geotropische Reaktionszeit. Math.-nat. Ber. aus Ungarn. Bd. 30.
- PEKELHARING, C. J., 1910. Untersuchungen über die Perzeption des Schwerkraftreizes. Rec. d. travaux botan. Néerl. Vol. VII.

- PFEFFER, W. 1900. Über die Anwendung des Projektionsapparates zur Demonstration von Lebensvorgängen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 35.
- , 1904. Pflanzenphysiologie II:te Aufl. Bd. 2.
- PFEFFER, W., 1907. Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. Abhandl. d. math.-nat. Kl. d. königl. sächs. Gesellsch. d. Wiss. Bd. XXX N:o III.
- , 1915. Beiträge zur Kenntnis der Entstehung der Schlafbewegungen. Ebenda Bd. XXXIV N:o 1.
- POLOWZOW, W., 1909. Untersuchungen über Reizerscheinungen bei den Pflanzen. Jena.
- PRINGSHEIM, E. G., 1912. Die Reizbewegungen der Pflanzen. Berlin.
- RISS, M. M. 1913. Über den Einfluss allseitig und in der Längsrichtung wirkender Schwerkraft auf Wurzeln. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 53. H. 2.
- RUTGERS, A. A., 1912. The influence of temperature on the geotropic presentation-time. Rec. des trav. botan. Néerl. Vol. IX.
- SACHS, J. v., 1874. Über das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arb. botan. Institut. Würzburg. Bd. IV.
- SCHOBER, A., 1898. Das Verhalten der Nebenwurzeln in vertikaler Lage. Botan. Zeitung. Abt. I. 65 Jahrg.
- SIMON, S. W., 1912. Untersuchungen über den autotropischen Ausgleich geotropischer und mechanischer Krümmungen der Wurzeln. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 51.
- STAHL, E., 1884. Einfluss des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. Ber. d. d. bot. Gesellsch. Bd. II.
- STARK, P., 1916. Experimentelle Untersuchungen über das Wesen und die Verbreitung der Kontaktreizbarkeit. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 75, H. 2.
- TRÖNDLE, A., 1913. Der zeitliche Verlauf der geotropischen Reaktion und die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Koleoptile. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. LII.
- WEBER, G. u. FR., 1916. Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 75, H. 2.
- WOLK, P. C. v. d., 1912. Investigation on the transmission of light stimuli in the seedlings of *Avena*. Publications sur la Physiologie végétale.
-

KLEINERE MUSKELSTUDIEN

- VI. EINE EIGENTÜMLICHE MUSKELVARIATION BEI BUFO
VII. HAT NOTORYCTES EINE FIBULASCHAUFEL?
VIII. BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER MUSKULATUR VON CHRYSOTHRIX SCIUREA
UND ATELES ATER
IX. DER URSPRUNG DES SESAMSTÜCKS DES INNEREN GASTROCNEMIUSKOPFES
X. EINE MUSKELVARIATION BEI CHRYSOTHRIX

VON

L. RIBBING

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Lund)

LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 14 mars 1917.

LUND 1917
HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

VI. Eine eigentümliche Muskelvariation bei *Bufo*.

Merkwürdigerweise habe ich bei meinen Muskelzergliederungen nur sehr selten grössere Muskelvariationen wahrgenommen. (Dass rudimentäre Muskelgebilde stark variieren ist ja eine andere Sache.) Neuerdings fand ich aber an beiden hinteren Extremitäten eines *Bufo vulgaris* eine bedeutende und interessante Muskelvariation. Eine Muskelvariation bei *Bufo*, aber von geringerer Bedeutung, habe ich schon beschrieben *. Sie bestand darin, dass von einem Muskel des Fussrückens (GAUPP's ** Tarsalis anticus) eine Verbindung zu einem anderen Muskel ging (GAUPP's Tibialis anticus brevis). Da nach meiner Auffassung, die ich durch vergleichende Studien gewonnen hatte, diese beiden Muskeln aus einer bei den Urodelen einheitlichen Muskellage stammen, habe ich diese Muskelvariation als eine atavistische und als eine Bestätigung meiner Anschauung über die Phylogenie dieser Muskeln aufgefasst. Die Vergrösserung des Tarsus der Anuren würde nämlich eine Spaltung und Spezialisierung dieser Muskellage hergeführt haben.

Die jetzt von mir gefundene Muskelvariation bietet mir zum zweiten Mal eine Bestätigung meiner phylogenetischen Auffassung. Bei den Urodelen entspringt vom Distalende des Femurs ein Extensor digitorum communis, der bei *Menopoma* und *Cryptobranchus* *** mittels 5 breiter Sehnenbänder an den Endphalangen der Zehen inseriert. An der Unterseite dieser Sehnen inserieren die Extensores breves digitorum. Diese Insertionsweise des Ext. dig. comm., das wir auch an der vorderen Extremität der Derotremen findet, hat sich an beiden Extremitäten der Säugetiere und an der hinteren Extremität der Vögel behalten. Bei den anderen Urodelen schwinden die Endsehnen des Extensor dig. communis und nur die Extensores dig. breves inserieren noch an den Endphalangen. Der Extensor dig. comm. hat aber Insertionen an den Bases der Metatarsalia bekommen. Ich habe nun in der oben erwähnten Arbeit die Ansicht ausgesprochen, dass diese schon bei den Urodelen begonnene Proximalwärtsverlegung der Insertionspunkte des Ext. dig. comm. bei den

* RIBBING, L., Die Unterschenkel- und Fussmuskulatur der Tetrapoden, in: K. Fysiogr. Sällsk. Handl. Lund. N. F. Bd. 20. Nr. 5. Pag. 109.

** GAUPP, E., Anatomie des Frosches I, Braunschweig 1896, 1899. 2. und 3. Aufl.

*** OSAWA, SAKUTARO, Beiträge zur Anatomie des japanischen Riesensalamanders, in: Mitt. med. Fac. japan. Univ. Tokio, Vol. 5, No 4, 1902.



Fig. 1. Fibularseite. Links normales Bein, rechts das variierende.



Fig. 2. Streckseite. Rechts normales Bein, links das variierende.

Anuren, bei der Verlängerung des Tarsus noch weiter gegangen ist, so dass der Ext. dig. comm. jede Verbindung mit den Zehen verloren hat und nur noch an beiden Seiten des Tarsus inseriert (GAUPP's Tibialis anticus). Die jetzt von mir gefundene Variation scheint mir diese meine Auffassung in augenscheinlicher Weise zu erhärten. Bei einer jungen Kröte entsprang — etwas proximal von der Mitte des Unterschenkels — an beiden hinteren Extremitäten aus dem fibularen Bauche des Extensor digitorum communis ein Muskelbauch, der etwas schmaler als jener war. Ungefähr am Cruro-tarsalgelenkte teilte er sich in einen oberflächlicheren, schmaleren und einen tieferen, kräftigeren Teil. Der oberflächlichere Teil verschmelzte weiter distal mit einem kurzen Streckker des Metatarsale V (GAUPP's Extensor brevis superficialis digiti V). Der tiefere Teil inserierte am proximaleren Teil des Schafte

des Fibulare ganz proximal von der Ausgangsstelle des eben erwähnten Muskels (doch weiter unten als die Insertion des Ext. dig. comm.).

Der überzählige Muskel wurde von einem Zweig des Nervus peroneus innerviert, der zu dem normalen Ext. dig. comm. geht wie auch hier. Am Fussrücken zieht der fibulare, oberflächlichere Zweig des Nervus peroneus (GAUPP's N. peroneus lateralis) tibial von dem überzähligen Muskelbauch.

Diese Variation repräsentiert also: a) einen Teil des Ext. dig. comm., der sich in primitivster Weise — wie bei den Derotremen — verhält, d. i. mit einem kurzen Strecker verschmilzt, und b) eine Übergangsstufe zwischen Urodelen und Anuren, wo die Insertionsstellen des Ext. dig. comm. weiter distal lagen, sowie c) überhaupt eine Stufe, wo der Ext. dig. comm. — wie bei den Urodelen — grösser und weniger spezialisiert war.

Unser Wissen von den Muskelvariationen des Menschen sind ja von grösster entwicklungsgeschichtlicher Bedeutung. Es wäre zu wünschen, dass ähnliche Beobachtungen auch bei anderen Vertebraten getan würden. Allerdings verdient jede Entdeckung auf diesem Gebiete unsere Aufmerksamkeit.

VII. Hat *Notoryctes* eine Fibulaschaukel?

In einer Abhandlung über den *Musculus popliteus* zeigt Fürst*, wie sich die, bei den Monotremen vorhandene, Fibulaschaukel bei den Marsupialiern abgelöst hat und zu einem freiem Knochenstück, der *Fabella*, geworden ist. Die *Fabella* ist bei den Marsupialiern noch so gross, dass der äussere *Gastrocnemius*kopf von



[Fig. 3. Unterschenkelknochen von
Notoryctes.
Doppelte Vergrösserung.



Fig. 4. Unterschenkelknochen von
Echidna.

ihr entspringt. Sie verkleinert sich aber allmählich und wird zu dem »Sesamstück« des äusseren *Gastrocnemius*kopfes.

Bisher war also die Anwesenheit eines Fibulaschaufels ein Charakter, der die Monotremen von den anderen Säugetieren trennte. Ich habe jetzt an einem Skelette

* FÜRST, C. M., Der *Musculus popliteus* und seine Sehne, in: K. Fysiogr. Sällsk. Förh., Vol. 14, 1903.

des Beutelmaulwurfes, *Notoryctes typhlops*, in unserer hiesigen Sammlung, eine Ausladung des Fibulaendes gesehen, die, obgleich nicht so gross, doch sehr an einer Fibulaschaukel erinnert. Wir wissen jetzt durch eine Arbeit von ALBERTINA CARLSSON*, dass *Notoryctes* keine Fabella besitzt. Leider stand mir kein Exemplar von *Notoryctes* zur Verfügung, so dass ich durch Zergliederung der Muskulatur meine Auffassung erhärten konnte. Nach der eben erwähnten Arbeit scheinen die Verhältnissen dieser Muskelgruppe etwas von den Verhältnissen anderer Beuteltiere, wie ich sie durch meine Zergliederungen kenne**, abzuweichen.

Es wäre ja auch möglich, dass sich die Fabella sekundär mit der Fibula vereinigt hätte. Wenn dies nicht der Fall ist, ist es also sehr wahrscheinlich, dass *Notoryctes* hier einen sehr alten Charakter behalten hat.

* CARLSSON, ALBERTINA, Zur Anatomie des *Notoryctes typhlops*, in: Zool. Jahrbücher, Anat. Abt., Vol. 20, 1904.

** RIBBING, L., Die Unterschenkel- und Fussmuskulatur der Tetrapoden, in: K. Fysiogr. Sällsk. Handl. N. F. Bd. 20. Nr. 5. Lund.

VIII. Beiträge zur Kenntnis der Muskulatur von *Chrysothrix sciurea* und *Ateles ater*.

Die moderneren Anschauungen über die Stellung des Menschen unter den Säugetieren hat uns ja neues Interesse für die Südaffen gegeben. In seinem Buche, »Die morphologische Abstammung des Menschen« referiert KOHLBRUGGE die Forschungen und Ansichten AEBY'S und VAN DEN BROEK'S* durch die besonders *Chrysothrix* und *Ateles* für uns bedeutungsvoll werden. Bekannt ist ja das durch KLAATSCH nachgewiesene, eigentümliche Verhalten des Biceps femoris bei *Ateles*, wodurch dieser sich dem Menschen nähert. Es ist also von grossem Interesse die Muskulatur der Südaffen genau kennen zu lernen.

Vor einigen Jahren wurde mir durch die Güte des Herrn Professor JUNGENSEN † in Copenhagen ein Exemplar von *Chrysothrix sciurea* und ein Exemplar von *Ateles ater* zur Verfügung gestellt. Wenn ich die jetzt publizierte Arbeit fast zum Ende geführt hatte, wurde ich zuerst durch eine anthropologische Arbeit und nachher durch eine lange Krankheit von der Vollendung derselben abgehalten. Während der Zeit sind durch einige gründliche Arbeiten über einzelne Muskelgruppen, worin auch Südaffen behandelt werden, unser Kenntnis von diesen Affen bedeutend bereichert worden. Da wir noch eine vollständige Beschreibung von *Chrysothrix* er-mangeln und diese Form auch nicht in allen den erwähnten Spezialarbeiten mit einbezogen wurde, kann diese Beschreibung doch von Wert sein. Ich füge dazu auch die Beschreibung von *Ateles*, teils, weil die einzige vollständige Beschreibung von *Ateles*, die wir besitzen (von KÜHL und VAN HASSELT, 1820) schwer zugänglich ist — sie existiert in keiner schwedischen Bibliothek — sowie in gewissen Dingen veraltet, teils weil mir in einer früheren Arbeit ein Unglück passiert ist: man über-gab mir die hinteren Extremitäten eines Affen mit der durchaus bestimmten An-gabe, dass sie einem *Ateles* zugehörten, unter welchem Namen ich sie auch be-schrieben habe. Später, als ich die Zeit hatte, die Sache genauer nachzuforschen, stellte es sich hinaus, dass sie einem anderen Affen gehörten. Durch diese Abhand-lung halte ich also diesen Fehler für korrigiert.

Von den älteren Arbeiten waren mir die von LECHE (in: Bronn) angeführten Arbei-ten von MECKEL und MACALISTER über *Cebus* nicht zugänglich, eine ältere Abhandlung

* Diese beiden Arbeiten waren mir nicht zugänglich.

VON SANDIFORT, die SIRENA citiert, ebensowenig. Die Arbeit von KÜHL und VAN HASSELT habe ich bei einem Besuche in der Bibliothek in Rostock kopiiert. Die Arbeit SIRENA's stand mir zur Verfügung. BISCHOFF (1870) hat in seiner Arbeit über *Hylobates* auch die Extremitäten von *Pithecia hirsuta* behandelt. In mehreren Arbeiten — meistens während der letzten Jahren erschienen — worin einzelne Muskelgruppen behandelt werden, hat man auch die Platyrrhini berücksichtigt: so ROSENFELD (1899), Zur vergleichenden Anatomie der Musculus tibialis posticus, KOLSTER (1901), Vergleichend — anatomische Studien über den M. pronator teres, KLAATSCH (1902), Der kurze Kopf des Musculus biceps femoris und der Tenuis, ERNA GLAESMER (1908), Untersuchung über die Flexorengruppe am Unterschenkel und Fuss der Säugetiere, FRETZ (1907—08), Die Varietäten der Musculi peronaei beim Menschen und die Mm. peronaei bei den Säugetieren I, II, LOTH (1908), Die Aponeurosis plantaris in der Primatenreihe, RIBBING (1909), Die Unterschenkel- und Fussmuskulatur der Tetrapoden, ERNA GLAESMER (1910), Die Beugemuskeln am Unterschenkel und Fuss bei den Marsupialia, Insectivora, Edentata, Prosimiae und Simiae, MARIE SAWALISCHIN (1911), Der Musculus flexor communis brevis digitorum pedis in der Primatenreihe mit spezieller Berücksichtigung der menschlichen Varietäten, FRETZ (1911), Der M. peroneus digiti V superior beim Menschen, HAIKANDUCHT TSCHACHMACHTSCHJAN (1912), Über die Pectoral- und Abdominalmuskulatur und über die Scalenus-Gruppe bei Primaten, HOLL, Zur Morphologie des M. digastricus mandibulae der Affen (1912), ERNA GLAESMER (1913), Zur Phylogenie des Flexor digitorum brevis pedis, SCHÜCK (1913), Beiträge zur Myologie der Primaten. I. Der M. latissimus dorsi und der M. latissimo-tricipitalis, HEDWIG FREY (1913), Der Musculus triceps surae in der Primatenreihe, SCHÜCK (1913), Beiträge zur Myologie der Primaten. II. 1. Die Gruppe: Sternocleido-mastoideus, Trapezius, Omo-cervicalis. 2. Die Gruppe: Levator scapulae, Rhomboides, Serratus anticus, CHAINE (1914), Le Digastrique, FORSTER (1915), Beitrag zur Morphologie des Scalenussystems und des M. sterno-costalis.

Ich werde die jetzt erwähnten Arbeiten zitieren, wenn sie bei *Chrysothrix* oder *Ateles* andere Verhältnisse beschreiben als die von mir gesehenen oder bei anderen Platyrrhinen Verhältnisse finden, die von Interesse sind. Auf *Hapale*, die ich durch eigene Zergliederung kenne, werde ich hier nicht eingehen. Die vergleichend-anatomische Betrachtungen, zu denen mir die Arbeit mit diesen beiden Affen — sowie mit mehreren anderen, die ich zergliedert habe — führen konnte, spare ich mir für eine kommende Arbeit auf.

Ich werde hier die Muskelpartien beschreiben die mir der Erhaltungszustand der sehr abgemagerten kleinen *Chrysothrix* gestattet und die ich ausführen konnte ohne die Skelette zu beschädigen.

Angularis mandibulae. Bei *Ateles* liegt im Kinnwinkel, ganz oberflächlich, ein sehr unbedeutender Muskel mit transversaler Richtung der Fiber. Er scheint von KÜHL etz. nicht beschrieben zu sein. Fehlt bei *Chrysothrix*.

Digastricus und *Stylohyoideus*. Bei *Chr.* verhält sich *Digastricus* in einer eigentümlichen Weise. Der hintere Bauch entspringt wie gewöhnlich in der Mastoidalgegend. Er geht bald in eine Sehne über, die sich an der Innenseite des Kieferwinkels befestigt. Von dieser Sehne entspringen *Stylo-pharyngeus* und *Stylo-glossus*. Der vordere Bauch hat hier den Zusammenhang mit dem hinteren verloren; er entspringt vom Zungenbeinkörper und ist dort etwas mit dem *Mylohyoideus* verwachsen umbreit im Kinnwinkel am vorderen $\frac{1}{3}$ des interen Kiefferrandes zu inserieren. Die beiden vorderen Bäuche berühren also einander. Neben dem hinteren Bauch entspringt der *Stylohyoideus*, der wie gewöhnlich inseriert; von einer Durchbohrung dieses Muskels durch die Zwischensehne des *Digastricus* kann hier natürlich keine Rede sein. Nach CHAINE sollte sich bei *Chrysothrix* der Muskel in einer Weise verhalten, die mit dem von mir am *Ateles* gesehenen Verhalten übereinstimme.

Bei *Ateles* sah ich den hinteren Bauch rund und kräftig in der Mastoidalgegend entspringen. Dieser hintere Bauch geht bald in eine Sehne über. Die Sehnen beider Seiten vereinigen sich zu einem, etwas vor dem Zungenbeinkörper, quer über den Hals ziehenden, kräftigen Sehnenband. Von diesem Band entspringen rechts und links die vorderen *Digastricus*bäuche, die je an der Innenseite des Unterkiefers, in der Mitte zwischen *Angulus* und Kinn sich befestigen; die beiden vorderen Bäuche sind also hier, besonders an ihrer Insertion, weit voneinander getrennt. Mit der Ursprungssehne des *Stylohyoideus* entspringt neben dem hinteren Bauch des *Digastricus* ein Muskelbauch der sich in einen schwachen *Stylo-pharyngeus* und einen *Stylo-glossus* teilt. Neben dem *Stylo-glossus*, durch Bindegewebe mit ihm verbunden liegt das Knorpelstück des Zungenbeinligamentes. Nach BRVOET verhält er sich bei *Cebus fatuellus* und bei *Chrysothrix sciurea* ungefähr wie bei meinem *Ateles*, nur dass die Insertion bis nahe am *Angulus* reichte. Bei *Nyctipithecus azarae* verhielt er sich abweichend dadurch, dass er seinen Zusammenhang mit dem Hyoid eingebüsst hatte. Bei seinem *Ateles* war dies auch der Fall. Sowohl nach seiner Beschreibung als nach seiner Fig. 31 verhielt sich also dieser *At.* in anderer Weise als der von mir zergliederte. Bei *Mycetes* sah er den *Digastricus* von dem grossen Hyoidkörper nach der Seite und nach hinten verdrängt aber von einer den *Mylohyoideus* deckenden Fascie nach vorne fortgesetzt. Er sagt: »Ein Überblick über alle Affen lehrt, dass im Allgemeinen ein und derselbe Typus vorliegt. Die hinteren Bäuche stehen ventral und oral vom Hyoid miteinander in Verbindung, und bilden eine Membran oder einen Sehnenbogen, der den vorderen Bäuchen als Ursprung dient. Diese bilden fast immer eine Muskelplatte, welche den ganzen Zwischenkieferraum ausfüllt.« Das von mir bei *At.* gesehene Verhalten stand also dem typischen ziemlich nahe. CHAINE sah bei *Cebus fatuellus* und *Callithrix personata* einen *Digastricus*, der sich im ganzen wie der von mir bei *Ateles* gesehene Muskel verhielt. Sowohl bei *Ateles ater* als bei *At. paniscus* sah er andere Verhältnisse, die er durch eine Zeichnung illustriert; die Sehne des hinteren Kopfes ging hier vollständig in den vorderen Kopf über und liess aus sich kein Querband entspringen. Dies ist um so merkwürdiger, als das von mir bei

Ateles gesehene Verhalten das für die Platyrrhinen typische ist. Hier müssen also neue Beobachtungen einsetzen um das für *Ateles* typische Verhalten festzustellen. Nach SIRENA (1872) scheint er sich bei *Myctes* ungefähr wie bei meinem *Ateles* verhalten. Nach HOLL verhält er sich bei *Cebus capucinus* ungefähr wie bei *Ateles*, nur sind die vorderen Bäuche nicht so weit voneinander getrennt.

Stylohyoideus. Entspringt bei beiden neben dem Digastricus, bei *At.* mittels einer relativ langen Sehne mit dem Stylo-pharyngeus und dem Stylo-glossus zusammen. Umfasst ihn nicht sondern zieht über ihn zum Zungenbeinkörper. Nach KÜHL etz. wird er von der Sehne des Digastricus durchbohrt; das wäre also der dritte Digastricustypus bei *Ateles*, was noch merkwürdiger erscheint. Bei dem von BIJVOET zergliederten *Chrysothrix* fehlte beiderseits dieser Muskel.

Mylohyoideus. Bei *Chr.* entspringt er vom Zungenbeinkörper, anfangs etwas mit dem vorderen Digastricusbauch vereinigt. Er inseriert an der Innenseite des Unterkiefers bis er den Muskelbauch des Pterygoideus externus berührt. Bei *At.* entspringt er von der Mitte des Querbandes des Digastricus und etwas vom Zungenbeinkörper. Seine Fiber haben bei beiden im vordersten Teil eine vollständig transversale Richtung. Die Insertion geht wie bei *Chr.* zum Pterygoideus externus; erlässt hier eine Strecke im Kinnwinkel frei. Nach KÜHL etz. sollte er vom Zungenbein entspringen. BIJVOET sah bei *At.* und *Nyctipithecus* in diesem Muskel keine Raphe.

Geniohyoideus bietet nichts besonderes.

Sternocleidomastoideus. Bei *Chr.* ist dieser Muskel oben nicht sehr deutlich gespalten. Er entspringt breit am Hinterkopfe und reicht weit zurück; hier liegt er oberflächlich von den Insertionen des Splenius capitis et cervicis und Longissimus capitis aber wird an seinem hinteren Ende von Trapezium bedeckt. Er inseriert breit und fleischig am Manubrium sterni und an der inneren Hälfte der Clavicula.

Bei *At.* lässt er sich in zwei Teile trennen, die aber, besonders in den oberen Teilen, durch Bindegewebe ziemlich fest zusammengehalten werden. Der Sternomastoideusteil entspringt fast sehnig von der äusseren Mastoidalgegend und geht zur Mitte der oberen Kante des Manubrium. Der Cleidomastoideusteil entspringt muskulös und, breiter wie der vorige, hinter ihm, hier von dem Splenius capitis et cervicis und dem Longissimus capitis bedeckt. Er inseriert an einer Stelle am inneren Drittel der Clavicula, etwas von der Insertionsstelle des Sternomastoideusteiles entfernt, so dass hier zwischen den untersten Partien beider Muskelteilen sich eine Lücke befindet.

Nach SIRENA ist der Sternocleidomastoideus bei *Myctes* ungespalten; er entspringt hier nicht breit.

Nach SCHÜCK sind bei *Cebus flavus* die beiden Teile nur durch dünne Muskelbrücken verbunden, bei *C. apella* aber in den proximalen Hälften zu einem Muskel vereinigt.

Omohyoideus. Geht bei *Chr.* vom Zungenbeinkörper zu dem Margo superior scapulae, gleich hinter dem Processus coracoideus. Bei *At.* wird er vermisst, ebenso bei *Myccetes* (SIRENA).

Levator scapulae; *Serratus anticus*. In der vergleichenden Anatomie werden diese beiden Muskeln am besten gemeinsam behandelt. Der ursprünglich einheitliche Muskel wurde beim Menschen durch das Verschwinden des von den drei untersten Halswirbeln entspringenden Teils zu zwei selbständigen Muskeln.

Bei *Chr.* können wir an den Ursprüngen drei Teile unterscheiden, die sich aber allmählich zu einer einheitlichen Muskelplatte vereinigen: a) entspringt von den Proc. transv. der Halswirbel II—VII, b) von der 1. und 2. Rippe (Er entspringt breit von der 1. Rippe; zwischen diesen Zacken inseriert *Scalenus anterior*), c) von den 2.—9. Rippe. Der Muskel inseriert ununterbrochen längs des Margo vertebralis scapulae, etwas cranial von der Spina, am Angulus med. beginnend. Der Halsteil und der von Costa I kommende Teil nehmen den grössten Teil des Margo auf, der übrige Teil der Muskels einen kleinen Teil des Margo und den Angulus inf. Die Teile b) und c) werden am Ursprung durch den *Scalenus medius* getrennt.

Bei *Ateles* entspringt der Teil a) von den Processus transversi sämtlicher Halswirbel. Jeder von diesen sieben Ursprungsteilen zeigt eine Tendenz sich zu einem selbständigen Muskel abzuspalten, besonders der erste* der nicht in derselben Reihe wie der übrige Halsteil inseriert, sondern an der Aussenseite dessen Insertion, am Angulus. Diese Insertion liegt vor dem Angulus. Der Teil b) entspringt von der 1. Rippe, der Teil c) von der 1.—9. Rippe. Sie inserieren längs des Margo vertebralis. Zwischen die Ursprünge der Teile b) und c) dringt der *Scalenus medius* ein und ruft darum eine Lücke hervor. Die drei Teile vereinigen sich doch vor der Insertion. Sie nehmen je ungefähr dieselben Strecken des Margo ein.

KUHL etz. beschreiben sie als zwei getrennte Muskeln, SIRENA desgleiches aber nennt den Levator irrtümlich *Levator anguli scapulae*. SCHÜCK beschreibt bei *Ateles* den Levator als vom *Serratus* getrennt sowie den vom Atlas kommenden Teil des Levator als selbständig und am Angulus cranialis scapulae inserierend. Nach ihm sollte der Pars cranialis** des *Serratus* von der 6. und 7. Halswirbel entspringen und an dem kranialen Drittel des Basis scapulae inserieren. Der von den Rippen kommende Muskelteil nennt er Pars caudalis serr. ant. Er beschreibt bei *Cebus apella* einen mit dem Levator vereinigten *Serratus*; der gemeinsame Muskel entspringt von allen Halswirbeln und von der 1.—12. Rippe. Nach seiner Figur scheint der an der 6. Rippe inserierende *Scalenus* keine Lücke im *Serratus* her- vorzurufen.

Levator anguli scapulae. Dieser Muskel trägt eine Menge von Namen: z. B. LECHE (in: Bronn) nennt ihn *Omo-cleido-transversarius*, SCHÜCK *Omo-cervicalis*; er

* Bei meinem Exemplar liess er sich nur an der linken Seite vom übrigen Halsteil trennen.

** Bei meinem Exemplar lag keinen Grund vor die oberen Wirbelteile von der 6. und 7. Wirbelteil zu trennen.

hat auch einige andere Namen erhalten. Allerdings ist der Name »Levator anguli scapulae« unpraktisch, da man ihn leicht mit dem anderen Levator verwechselt. Er entspringt bei beidem vom Processus transversus atlantis. Bei *Chr.* inseriert er an der Spina scapulae hinter dem Acromion, wie gewöhnlich in seinem letzten Teil vom Trapezius bedeckt. Bei *At.* inseriert er an den einander berührenden Enden des Acromion und der Clavicula. Wir finden hier ein ganz besonderes Verhalten, indem er in seinem letzten Teil an der Aussenseite des Trapezius liegt. KÜHL etz. nennen ihn Levator claviculae und lassen ihn am Ende des Acromion inserieren. SIRENA nennt ihn Acromio-trachealis; er verhält sich bei *Mycetes* wie bei *Ateles*, indem er zuletzt an der Aussenfläche des Trapezius liegt. SCHÜCK sah ihn bei *Ateles* wie oben beschrieben inserieren; in der distalen Hälfte trennte er sich in zwei Köpfe. Bei *Cebus apella* und *flavus* sah er ihn vom Trapezius bedeckt inserieren.

Scaleni. Der Erhaltungszustand der kleinen *Chr.* war nicht genügend gut um die Ursprünge der Scaleni ganz deutlich zu zeigen. Scalenus anterior — so dürfen wir wohl den an der Innenseite der Nerven liegenden Scalenus nennen — schien mir von den Halswirbeln V und VI zu kommen. Der lange Muskel, den wir am besten Sc. longus nennen, entsprang sehnig vom 2. Halswirbel. Der dritte Sc. entsprang von den 2.—7. Halswirbel. Sc. anterior und Sc. tertius inserierten an der 1. Rippe, Sc. longus an der 3. und 4. Rippe, die Serratusursprünge, wie oben erwähnt, trennend.

Bei *At.* entsprang Sc. anterior von der 2.—6. Halswirbel, Sc. longus von der 1.—3., Sc. tertius von der 2.—7. Halswirbeln; die Insertionen waren wie bei *Chr.* Nach KÜHL etz. entspringt Sc. ant. von der 4.—7. Halswirbel, Sc. medius von der 4.—6. um an der 3.—5. Rippe zu inserieren, Sc. posterior von der 4.—9. Halswirbel; der erste und letzte Sc. inserierten an der 1. Rippe. Nach TSCHACHMACHTSCHJAN geht bei *Cebus apella* und *flavus** Sc. medius vom 2. Wirbelquerfortsatze zu der 3.—5. Rippe, bei *Ateles ater* von den Querfortsätzen 2.—4. zu der 4. und 5. Rippe. Nach FORSTER geht bei *Ateles Geoffr.* der vorderste Sc. von der 4.—6. Halswirbel zur 1. Rippe, der mittlere Sc. von der 2.—5. Halswirbel hauptsächlich zur 4. Rippe, der hintere Sc. von der 6. und 7. Halswirbel zur 1. Rippe.

Trapezius. Bei *Chr.* entspringt er vom Hinterkopfe, vom Ligamentum nuchae und Ligamentum supraspinale bis zum 10. oder 11. Brustwirbel hinab; er inseriert hier an dem cranialen Rand der Spina scapulae, mit Ausnahme einer kleinen vertebralen Strecke, sowie etwas am vertebralen Ende des caudalen Randes der Spina. Bei *At.* entspringt er von den erwähnten Ligamenten bis zum 10. oder 11. Brustwirbel hinab; er inseriert an den vertebralen $\frac{2}{3}$ des Cranialrandes der Spina. Nach SCHÜCK reicht der Ursprung bei *Ateles ater* zum 9. Brustwirbel, bei *Cebus* zum 11. Brustwirbel; er inseriert bei *Cebus* auch etwas am caudalen Rande der Spina. Nach SIRENA reicht bei *Mycetes* der Ursprung nur bis zum 8. Brustwirbel; er inseriert

* Bei einem Exemplar von *C. flavus* ging er vom 2. und 3. Wirbel zur 4. Rippe.

hier auch an der vertebralen Hälfte des caudalen Randes der Spina sowie am äusseren Drittel der Clavicula.

Latissimus dorsi. Entspringt bei *Chr.* von der Fascia lumbodorsalis, von Proc. spinosus des 7. oder 8. Brustwirbels an abwärts, von der Crista iliaca und von der Ausenflächeder unteren Rippen von der 9. ab. Die Sehne ist hier nicht mit der Sehne des Teres major vereinigt; sie inseriert im Sulcus intertubercularis und an der Crista tub. min. Bei *At.* fängt der Wirbelursprung am 9. Wirbel an und der Rippenursprung an der 8. Rippe. Die Sehne sowie der letzte Teil des Muskelbauches ist hier etwas mit dem Teres major verwachsen. Die Sehne ist breit und inseriert, sich fächerförmig ausbreitend wie oben.

Der Dorso-epitrochlearis von LECHE (Bronn) entspringt bei *Chr.* vom letzten fleischigen Teil des Latissimus, bei *At.* auch von der Sehne (näheres über ihm bei Triceps).

Nach SIRENA entspringt Latissimus bei *Mycetes* von den 9 unteren Brustwirbeln und von der 9.—12. Rippe etc.; die Sehne vereinigt sich hier mit der des Teres major. Nach SCHÜCK entspringt er bei *Cebus apella* muskulös nur von der 9.—11. Rippe, bei *C. flavus* von der 10.—13., bei einem Exemplar auch schwach von der 7.—9., bei *Ateles ater* muskulös von den Proc. spinosi und mit dünnen Zacken von der 9.—14. Rippe; bei diesem war er durch einige dünne Muskelzacken mit dem Teres major verbunden, doch nicht zu einer gemeinsamen Sehne. Bei *Cebus* hatten aber die beiden Muskeln eine gemeinsame Endsehne. KÜHL etc. haben bei *At.* die Vereinigung des Latissimus mit Teres gesehen.

Rhomboideus. Entspringt bei *Chr.* vom Hinterkopfe, vom Ligamentum nuchae und den 5 oder 6 ersten Brustwirbeln; der vom Kopfe kommende Teil, Rhomboideus capitis, ist vom übrigen Muskel getrennt und inseriert unter dem cranialsten Teil seines Ursprungs an der Innenseite der Basis spinae. Der übrige Teil inseriert längs des Margo vertebralis scapulae von der Basis spinae ab. Bei *At.* finden wir keinen Rhomb. capitis. Der Ursprung reicht hier bis zum 7. Brustwirbel; die Insertion fängt cranial von der Basis spinae am Ang. an. SCHÜCK hat bei *Ateles ater* und *Cebus apella* einen Kopfteil der Rhomboideus gesehen, ebenso SIRENA bei *Mycetes*. Nach KÜHL etc. entspringt er »von den unteren Hals- und den oberen Brustwirbeln« und ist einheitlich.

Deltoides. Entspringt bei *Chr.* von der ganzen Spina scapulae und von etwas mehr als der lateralen $\frac{1}{2}$ der Clavicula; er inseriert breit ganz distal vom Caput humeri an fast dem proximalsten Drittel des Humerusschaftes. Bei *At.* entspringt er von den ventralen $\frac{3}{4}$ der Spina und von der Fascie des Infraspinatus* sowie vom äussersten $\frac{1}{3}$ der Clavicula; inseriert an ungefähr derselben Strecke wie bei *Chr.* Ist bei der Insertion mit dem Pectoralis major verwachsen.

Teres major. Bei *Chr.* entspringt er von der caudalen Hälfte des Margo costalis scapulae und von der Fascie des Infraspinatus; er inseriert sehr breit an der

* Bei *Chr.* hängt er sehr innig mit dieser Fascie zusammen, ohne dass man doch sagen könne, dass er von ihr entspringe.

Crista tub. minoris. Bei *At.* ist er kräftig und entspringt von den caudalen $\frac{2}{3}$ der Margo costalis; er inseriert wie oben. Für die Vereinigung mit der Sehne des Latis-simus siehe bei diesem Muskel.

Teres minor, Supraspinatus, Infraspinatus Subscapularis bieten nichts besonderes.

Pectoralis major. Dieser Muskel verhält sich bei den beiden Tieren in ziemlich verschiedener Weise; bei beiden finden wir doch einen Hauptteil und einen Abdominalteil. Bei *Chr.* entspringt der Hauptteil a) etwas von der Clavicula, vom Sternum, von ein Paar Rippenknorpeln und von der Rectalscheide; er inseriert an der Crista tuberculi majoris in etwas mehr als dem proximalen Drittel des Humerusschaftes. b) Pars abdominalis entspringt dünn und breit von der Abdominalfascie; er wird bald schmaler und inseriert gleich unter dem Tuberculum majus an der Crista; einige Fiber des Teil a) gehen zum diesem Teil. Die Sehne wird in der Nähe des Condylus durch verdicktem Bindegewebe mit dem Pectoralis minor verbunden.

Bei *At.* entspringen die Teile a) und b) wie bei *Chr.* Der erste Teil inseriert wie bei *Chr.*, der Teil b) vereinigt sich mit dem Pectoralis minor.

Nach SIRENA verhielt sich der Muskel bei *Mycetes* ganz wie beim Menschen.

Pectoralis minor. Entspringt bei *Chr.* vom Sternum und von ein Paar Rippenknorpeln; er inseriert an einem Sehnenbogen, der vom Proc. coracoideus zum Tuberculum majus geht, sich auch mit dem Gelenkkapsel verbindend. Bei *At.* entspringt er von der 2.—5. Rippe und etwas von der Fascie unter dem Pectoralis major; mit ihm vereinigt sich der Pars abdominalis des vorigen Muskels. Die gemeinsame Insertion verhält sich wie die Insertion des Pectoralis minor bei *Chr.* TSCHACHMACHTSJAN hat bei *Ateles ater* dieselben Verhältnisse gesehen. Nach KÜHL etz. sollte er bei *At.* von der V. und VI. Rippe zum Humeruskopf gehen. Nach BISCHOFF inseriert er bei *Pithecia hirsuta* am Proc. coracoideus und am Kopfe des Humerus.

Nach SIRENA verhält sich der Pect. minor bei *Mycetes* eigentümlich, indem er einem zweiten Teil besitzt, der am Tub. minus inseriert.

Sterno-costalis. Bei *Chr.* entspringt er sehnig von Sternum und von dem Brustteil des Rectus um, in schräger Richtung ziehend, am Winkel der ersten Rippe zu inserieren. Der Rectusteil inseriert sehnig an der ersten Rippe neben dem Manubrium und am Manubrium. Bei *At.* lässt er sich am Ursprunge nicht von der Unterseite des Pectoralis minor trennen; er inseriert breit und fleischig an der Vorderseite der ersten Rippe, am Winkel.

Subclavius. Bei *Chr.* entspringt er von der 1. Rippe, nicht weit von Sternum, und inseriert an der Mitte der Unterseite der Clavicula. Bei *At.* entspringt er von der 1. Rippe, weiter von Sternum entfernt, und inseriert am äusseren Drittel der Clavicula, am Acromion und am Proc. coracoideus. Eine ähnliche Insertion hat er nach SIRENA bei *Mycetes*.

Biceps + Coracobrachialis. Man behandelt am besten diese beiden Muskeln miteinander, da des Caput breve bicipitis und der Coracobrachialis sehr enge Beziehungen zueinander haben. Die Ursprünge sind hier wie beim Menschen. Bei

beiden ist der Coracobrachialis in zwei Teile gespalten; der obere, kleinere Teil a) inseriert zwischen den Insertionen des Teres major und des Subscapularis. Bei *Chr.* inseriert der längere Teil b) des Coracobrachialis an etwas mehr als dem zweiten Viertel des Humerusschaftes. Bei *At.* ist dieser Teil b) verhältnismässig bedeutend kleiner; er inseriert an einer kleinen Strecke des Humerus, ganz distal von der Latissimussehne. Biceps inseriert bei beiden wie beim Menschen. Lacertus fibrosus ist bei *At.* schwach, bei *Chr.* besteht er aus einer kräftigen aber nicht sehr deutlich differentiierten Ausstrahlung in die Fascie des Unterarms. Die beiden Bicepsköpfe vereinigen sich bei *Chr.* etwas distal vom Ende des Deltoideus, bei *At.* etwas höher. Nach SIRENA verhalten sich diese Muskeln bei *Mycetes* wie beim Menschen.

Brachialis. Entspringt bei *Chr.* vom ganzen Humerusschafte mit Ausnahme der Enden; inseriert breit an einer Strecke im proximalsten Teil der Ulna. Entspringt bei *At.* von den distalen $\frac{2}{3}$ des Humerusschaftes; inseriert im proximalsten Teil der Ulna.

Triceps brachii. Entspringt bei *Chr.* a) vom cranialen Drittel des Margo costalis scapulae, b) von einer kleinen Strecke des Humerus nicht weit vom Caput, c) vom ganzen Humerusschafte. Gleich nach ihren Ursprüngen vereinigen sich die Teile a) und b); sie bleiben bis zur Insertion vom Teil c) getrennt. Entspringt bei *At.* a) von etwas mehr als dem cranialen Drittel des Margo cost. scap., b) vom ganzen Humerusschafte, c) vom ganzen Humerusschafte von der Insertion des Latissimus ab. Die Teile a) und b) vereinigen sich in der oberen Hälfte des Oberarms; sie vereinigen sich mit dem Teil c) im letzten Drittel des Oberarms.

Dorso-epitrochlearis. Entspringt bei *Chr.* vom letzten fleischigen Teil des Latissimus dorsi, bei *At.* auch von seiner Sehne und vom Teres major. Inseriert selbständig am Olecranon.

Flexor antebrachii radialis (Pronator teres). Entspringt bei beiden von Epicondylus ulnaris humeri sowie von den bindegewebigen Septum zwischen ihm und dem Flexor carpi radialis. Er ist im grössten Teil seiner Länge mit diesem Muskel verwachsen. Inseriert sehr breit an einer Strecke in der Mitte der Innenseite des Radius. Er wird nicht von N. medianus durchbohrt. Nach KOLSTER ist er bei *Nyctipithecus* nicht mit den Flexoren verwachsen; bei *Callithrix brunnea* rollt er sich nicht um den Radius herum, sondern legt sich nur ein wenig der radialen Seite an, bevor er an der vorderen Kante desselben inseriert.

Flexor carpi radialis. Entspringt bei beiden von Epic. uln. und ist proximal mit dem vorigen Muskel verwachsen und ebenso mit dem Flexor digitorum sublimis bis zur Mitte des Unterarms. Inseriert bei beiden am Multangulum majus. Bei *Chr.* ist er, rechts weniger deutlich als links, in seinem letzten Drittel in zwei Muskeln gespalten.

Palmaris longus. Entspringt vom Epic. uln. und von der Oberfläche der benachbarten Muskeln. Ist bei beiden schmal. Ist im proximalen Teil des Unterarms mit den benachbarten Muskeln mehr oder weniger verwachsen. Geht in der Mitte des Unterarms in eine Sehne über, die in die Aponeurosis palmaris übergeht.

Flexor digitorum sublimis. Entspringt bei *Chr.* hauptsächlich vom Epic. uln. In der Mitte des Unterarms spaltet er sich in zwei Teile. Der radiale Teil empfängt eine dünne Verstärkung von der Mitte des Radius, neben dem Radialursprung des Flexor dig. profundus; er geht am Carpus in die perforierte Sehne für III über. Etwas distal von der Spaltung entsendet der ulnare Teil einen Teil, der bald in die perforierte Sehne für II übergeht. Der übrige Teil spaltet sich am Carpus in die perforierten Sehnen für IV und V. Bei *At.* entspringen die Teile für III, IV und V gemeinsam vom Epicond. uln. und hängen in fast den ersten $\frac{2}{3}$ des Unterarms miteinander zusammen. Zu dem Teil dieser Muskelmasse, der zu III gehen wird, kommt eine Verstärkung, die mittels einer Fascie von der Mitte des Radius entspringt. Der Teil für V nimmt eine Verstärkung auf, die mittels einer Fascie von der Ulna mit Ausnahme der Enden kommt. Eine Strecke proximal vom Carpus entstehen die perforierten Sehnen für die Finger III—V. Der Teil für den Finger II entspringt hauptsächlich von einer Strecke der Ulna unter dem Ulnarursprung des anderen Teils. Er ist intim mit den anderen verwachsen. Er geht nicht weit vom Carpus in eine Sehne über, die, dorsal von den anderen Sehnen dieses Muskels liegend und sie kreuzend, als perforierte Sehne zu dem Finger II geht. Von seiner Dorsalseite sendet der Flexor sublimis bei beiden eine Verstärkung zum Flexor dig. profundus. Bei *At.* wird diese Muskelpartie von einem Zweig des N. medianus durchbohrt. Nach BISCHOFF entspringt er bei *Pithecia* vom Condylus internus, nicht vom Radius.

Flexor digitorum profundus. Entspringt bei *Chr.* von etwas mehr als den proximalen Hälften der Schaften des Radius und der Ulna sowie von der Membrana interossea. Der radiale Teil nimmt die vom Flexor subl. kommende Verstärkung auf. Die beiden Teile vereinigen sich etwas distal von der Mitte des Unterarms und bilden die tiefe, einheitliche Handsehne. Bei *At.* reicht der Ursprung des radialen Teils bis weiter unten; er nimmt auch hier die Verstärkung auf. Die beiden Teile vereinigen sich hier ungefähr an derselben Stelle. Die Daumensehne ist ganz verschwunden, so dass die einheitliche Handsehne nur Sehnen für die Finger II—V entsendet.

Die Beschreibung BISCHOFF's von dem Verhalten dieses Muskels bei *Pithecia* ist sehr eigentümlich: »Entspringt mit einer ungesonderten Masse von der Ulna und dem Ligamentum intermusculare und dem Radius; ein besonderes Bündel kommt gemeinschaftlich mit dem Flexor dig. com. subl. von dem Condylus internus und geht in eine lange Sehne über, welche sich zwar in der Handwurzel mit den vereinigten Sehnen der Flex. dig. com. prof. verbindet, aber doch vorzugsweise den Flex. poll. long. darstellt.»

Flexor carpi ulnaris. Bei *Chr.* entspringt er in primitiver Weise von Epic. uln. aber hauptsächlich in sekundärer Weise mittels einer Fascie von den proximalen $\frac{4}{5}$ des Ulnaschaftes. Bei *At.* existiert nur der sekundäre Ursprung: hier von den proximalen $\frac{4}{5}$ des Ulnaschaftes. Bei beiden inseriert er, fast ohne Vermittelung einer Sehne, am Pisiforme. Einen Flexor antebrachii ulnaris (Epitrochleo-anconeus) konnte ich nicht finden; SIRENA nennt ihn bei *Mycetes* Anconaeus internus.

Pronator profundus (*Pr. quadratus*). Ist bei *Chr.* gross und entspringt von fast dem letzten Drittel der Ulna. Er geht, teilweise schräg, zu einer Strecke des Tibiaendes von der halben Länge der Ursprungsstrecke. Bei *At.* ist er kleiner und dünner; hier geht er von kaum dem distalen $\frac{1}{5}$ des Ulnaschaftes zu einer Strecke des Tibiaendes von kaum der halben Länge der Ursprungsstrecke.

Palmaris brevis. Bei *Chr.* relativ kräftig. Entspringt von der Ulnarseite der Palmaraponeurose um sich mit dem Abductor dig. V zu vereinigen. Wird bei *At.* von einigen Muskelbündel repräsentiert.

Abductor pollicis brevis. Geht bei *Chr.* von der Palmaraponeurose und einem radialen Sesamstück zur Basis der ersten Phalanx des Daumens. Bei *At.* schwach von der Palmaraponeurose und Multangulum majus zum Daumenrudimente gehend. Wahrscheinlich ist es der von der Aponeurose entspringende Teil dieses Muskel der von SIRENA *Palmaris brevis externus* genannt wird.

Abductor digiti V. Bei beiden vom Pisiforme zur Basis der ersten Phalanx von V gehend.

Lumbricales bieten nichts besonderes.

Adductores. Wir müssen hier zwei Teile unterscheiden, einen longitudinalen und einen transversalen, beide Teile der *Contrahentes digitorum*. Beim Menschen findet man nur den transversalen Teil (hier mit b) bezeichnet). *Chr.*: a) entspringt von der tiefen Carpalfascie um an der Radialseite der Basis der Grundphalangen von IV und V und an der Ulnarseite der Basis der Grundphalanx von II zu inserieren. b), dessen Muskelfaser eine transversale Richtung haben, entspringt von der muskulösen Oberfläche des vorigen Teils sowie von den Basis der Grundphalangen von II und III um an der Ulnarseite der Grundphalanx des Daumens zu inserieren.

At.: a) entspringt dünn von der tiefen Carpalfascie um an der Ulnarseite der Basis der Grundphalanx von II zu inserieren. b) hat bei der Rudimentierung des Daumens teilweise seine ursprüngliche Insertion verloren und inseriert an der Ulnarseite der Basis der Grundphalanx II und am Daumenrudimente; er entspringt vom Distalende des Metacarpale V.

SIRENA beschreibt bei *Myctes* diese Muskelgruppe als *Adductor pollicis*, *Abductor obliquus indicis*, *Adductor obl. ind.* und *Contrahens digiti minimi*.

Flexor brevis pollicis bietet bei *Chr.* nichts besonderes. Bei *At.* wird er von einem Muskelrudimente repräsentiert.

Flexor brevis digiti V und *Interossei* bieten nichts besonderes. Bei *At.* lassen sich doch die *Interossei* verhältnismässig leicht voneinander trennen.

Extensor antebrachii radialis (*Supinator*). Entspringt bei *Chr.* vom Epicondylus radialis und von einer Strecke der Ulna ganz distal vom Epicondylus. Inseriert an der proximalen Hälfte des Radiuschaftes. Bei *At.* entspringt er vom Epicondylus, einem Ligamente und dem proximalsten $\frac{1}{8}$ des Ulnaschaftes. Inseriert am proximalen Drittel des Radiuschaftes. Der N. radialis profundus durchbohrt ihn im oberflächlichsten Teil. Bei *Chr.* liegt der Nerv tiefer, zwischen den inserie-

renden Muskelfieber. Nach KÜHL etz. entspringt er bei *At.* vom Cond. rad. und »vom Kopfe des Radius selbst, vom innern Condylus des Oberarms aber mit einer starken Sehne«.

Brachioradialis. Entspringt bei *Chr.* von einer Strecke etwas distal von der Mitte des Humerus und mit einem langen, sehr schwachen, Kopfe vom Humerus bei der Insertion des Pectoralis major. Inseriert mit äusserst kurzer Sehne an der Basis des Proc. styl. radii. Bei *At.* entspringt er von einer Strecke im distalsten Teil des Humerus, proximal von dem Ursprung des Ex. c. rad. II, ihn etwas bedeckend. Die kurze, breite Sehne inseriert am distalsten Teil des Radius.

Extensor carpi radialis longus. Entspringt bei *Chr.* ganz proximal vom Epicondylus, bei *At.* etwas höher; inseriert bei beiden an der Basis des Metacarpale II.

Extensor carpi radialis brevis *. Entspringt bei *Chr.* vom Epic., bei *At.* auch etwas proximal davon; inseriert bei beiden an der Basis des Met. III.

Extensor digitorum communis. Entspringt bei beiden vom Epic. rad. Ist ziemlich lange mit dem vorigen Muskel und mit dem Ext. dig. lateralis verwachsen. Bei *Chr.* geht er in die Aponeurose über, welche zu den Fingern II—V geht. Bei *At.* teilt er sich im distalen Teil des Vorderarms in drei Sehnen; der erste teilt sich am Handrücken in Sehnen für II und III, die anderen gehen je zu IV und V. Am Handrücken werden die Sehnen von festem Bindegewebe zusammengehalten.

Extensor digitorum lateralis. Ist besonders bei *At.* ein schwacher Muskel, der vom Epic. rad. entspringt und lange mit dem vorigen Muskel verwachsen ist. Hat bei *Chr.* eine lange, dünne Sehne für V, die etwas distal von der Mitte des Vorderarms anfängt; die kurze Sehne für IV, die erst am Carpus anfängt, ist mit der Aponeurose des Ext. dig. brevis verbunden, die Sehne für V mit der Aponeurose des Ext. dig. comm. Bei *At.* ist die Sehne für IV nur unbedeutend kürzer als die Sehne für V; der Muskel spaltet sich hier im distalsten Teil des Vorderarms; die Sehnen vereinigen sich mit den Sehnen des vorigen Muskels für IV und V. SIRENA sah bei *Mycetes* dieselben beiden Sehnen. BISCHOFF beschreibt bei *Pithecia* zwei selbständige Muskeln für IV und V.

Extensor carpi ulnaris. Bei beiden vom Epic. rad. und etwas mehr als dem proximalen Drittel des Ulnaschaftes (sekundärer Ursprung) zur Basis des Metacarpale V.

Extensor antebrachii ulnaris (Anconeus quartus). Bei *At.* vom Epic. rad. zu einer kleinen Strecke am proximalsten Teil des Ulnaschaftes. Ist etwas mit dem Triceps verwachsen aber lässt sich ziemlich leicht von ihm trennen. Bei *Chr.* war er verhältnismässig etwas kleiner. SIRENA nennt ihn *Anconaeus*.

Abductor pollicis longus. Entspringt bei *Chr.* von etwas mehr als dem proximalen Viertel des Ulnaschaftes, von der Membrana interossea und vom zweiten und dritten Fünftel des Radiuschaftes. Inseriert am radialen Randstück und am Multangulum majus. Bei *At.* ist er auch kräftig und entspringt von fast der ganzen

* Ein hier links vorkommender überschüssiger Muskel wird anderswo behandelt.

Ulna, von der Membrana interossea und den mittleren $\frac{3}{7}$ des Radius. Er inseriert am Multangulum majus.

Extensores breves digitorum. Bei *Chr.* entspringen sie distal vom Abductor, von der Ulna mit Ausnahme des letzten Sechstels. a) emanzipiert sich etwas distal von der Mitte des Unterarms und geht bald in eine Sehne über, die am Handrücken in eine Aponeurose übergeht, worin eine Sehne für I ausdifferenziert ist; sie vereinigt sich mit der Aponeurose des nächsten Teils. b) teilt sich nicht weit vom Carpus in Sehnen für II und III. Bei *At.* entspringen sie von den dritten und vierten Fünftel der Ulna. In der Aponeurose findet man nur Sehnen für II und III. Nach SIRENA verhalten sie sich bei *Mycetes* wie bei *Chr.* Nach BISCHOFF gab dieser Muskel bei *Pithecia* Sehnen zu I, II und III.

Glutaeus maximus. Bei *Chr.* ist er ungespalten, entspringt von der Fascie an der Aussenseite des Glutaeus medius, von der Rückenfaszie und (fleischig) etwas von den ersten Schwanzwirbeln. Er inseriert an fast der proximalen Hälfte des Femurschaftes und an der Oberschenkelfaszie. Ein Tensor fasciae latae hat sich hier also noch nicht abgespalten, obgleich er von einem Teil des Muskel repräsentiert wird. Bei *At.* inseriert er kurz nur an der äusseren Seite des Femur, etwas distal vom Kopfe; hier existiert also kein dem Tensor fasc. lat. entsprechender Teil. Am Ursprunge hat sich aber der Muskel in drei Teile differenziert: a) entspringt von einer Strecke der Vorderkante des Ileum, etwas tiefer als die Spina il. sup. ant., b) von der Fascie über dem Glutaeus medius und etwas von den ersten Schwanzwirbeln, c) von einer Fascie zwischen dem Schwanze und dem Tuber ischii. Die Teile vereinigen sich nicht weit von der Insertion; zwischen den Teilen a) und b) findet man eine kräftige Fascie, die sie zusammenhält.

Glutaeus medius. Entspringt bei beiden von der oberen Seite der Aussenfläche des Ilium und von den ersten Schwanzwirbeln um an dem Trochanter major zu inserieren.

Glutaeus minimus. a) Entspringt bei beiden vom unteren Teil der Vorderkante des Ileum und in deren Nähe etwas von der Aussenfläche (bei *Chr.* nur von dieser) um am Trochanter major vor dem Glut. medius zu inserieren. b) Von der Hinterkante des Beckens zum Troch. maj.

Piriformis. Fehlt b. b.

Gemelli. Bei *Chr.* ein einfacher Muskel, in dem die Sehne des Obt. int. eingebettet liegt; geht von der Hinterkante des Ischium, vom Tuber isch. bis Spina isch., zur Fossa trochanterica. Bei *At.* findet man nur den hinteren Gemellus; entspringt von der hinteren $\frac{1}{2}$ der erwähnten Strecke und inseriert in der Fossa. Nach KÜHL etz. sollten sie bei *At.* fehlen.

Obturator internus bietet nichts besonderes.

Quadratus femoris. Entspringt bei beiden vom Tuber ischii. Ist bei *Chr.* sehr gross und inseriert am proximalen Drittel des Femurschaftes. Bei *At.* inseriert er an einer kleineren Strecke.

Obturator externus bietet nicht besonderes.

Biceps femoris. Durch die wichtige Abhandlung von KLAATSCH kennen wir die grosse Bedeutung dieses Muskels. Man findet den kurzen Kopf bei den *Urodela* (Mc MURRICH), *Chelonia* (SIEGLBAUER) und nach KLAATSCH unter den Säugetieren bei einigen Edentaten, bei *Ateles* und *Lagothrix* und bei den Anthropoiden. Nach SIRENA findet man ihn bei *Myocetes*. Seinen Namen hat ja der Muskel, wie bekannt, dadurch erhalten, dass er beim Menschen zweiköpfig ist.

Bei *Chr.* wurde der kurze Kopf vermisst. Bei *At.* war er gross, entsprang von ungefähr den mittleren $\frac{2}{4}$ der Unterseite des Femur und inserierte teils breit an der Fascie der fibularen Seite des Unterschenkels, teils an der inneren Seite der Sehne des langen Kopfes. Da die beiden Köpfe ursprünglich selbständige Muskeln darstellten, ist diese doppelte Insertion des kurzen Kopfes ein ziemlich primitives Verhalten.

Der lange Kopf, bei *Chr.* der einzige, entspringt vom Tuber ischii. Bei *Chr.* inseriert er etwas am Caput tibiae und an der Fascie der fibularen Seite des Unterschenkels sowie auch an der Fascie der Streckmuskulatur am Oberschenkel. Bei *At.* inseriert er mittels einer Sehne am Caput tibiae. Einen Tenuissimus, den KLAATSCH für ein Rudiment des kurzen Bicepskopfes hält, habe ich an beiden Seiten von *Chr.* vergebens gesucht.

Semitendinosus. Bei beiden entspringt er vom Tuber ischii, anfangs etwas mit dem langen Bicepskopfe und mit dem Semimembranosus verwachsen. Er vereinigt sich in der Nähe des Caput tibiae mit dem Gracilis zu einer breiten Fascie; diese inseriert bei *Chr.* hauptsächlich am ersten Drittel des Tibiaschaftes aber ist auch mit der kräftigen, äusseren Unterschenkelfascie verbunden. Bei *At.* inseriert sie längs des ganzen Tibiaschaftes; hier ist der obere Rand der Fascie zu einer Sehne differenziert.

Gracilis. Entspringt b. b. breit in der Gegend der Beckensymphyse; inseriert wie erwähnt.

Semimembranosus. Entspringt b. b. vom Tuber ischii, vom Semitendinosus bedeckt. Inseriert bei *Chr.* halb fleischig, bei *At.* mittels einer kurzen Sehne an der Aussen-
seite des Caput tibiae.

Pectineus + *Adductores*. Bei *Chr.* konnte ich keinen Muskel dieser Gruppe bestimmt mit dem Pectineus homologisieren. Diese Gruppe bestand hier aus 6 Muskelindividuen. a) Schmäler und dünner Muskel, von der Symphysengegend zum proximalsten Teil des Femurschaftes gehend. An der Innenseite dieses Muskels erscheint rechts der Nervus obturatorius*. b) Schmäler Muskel, medial vom vorigen liegend, mit ähnlichem Ursprung und ähnlicher Insertion. c) An der vorderen Kante dieses Muskels liegt ein selbständiges, schmales Muskelrudiment. d) Von der Symphysengegend unter dem Gracilis zu etwas mehr als dem zweiten Viertel des Femur. e) und f) entspringen vom Tuber ischii und neben ihm von der Ischiumkante; sie inserieren, teilweise nebeneinander, am distalen Drittel des Femurschaftes.

* Links hat dieser Nerv eine andere Lage.

Bei *At.* finden wir einen Pectineus, der breit vom Beckenkamme entspringt um ganz distal vom Iliopsoas am Femur zu inserieren; kann in zwei Muskeln gespalten werden. Weiter finden wir Adductores. a) Von der Symphysengegend entspringend; inseriert gleich distal von Femurkopfe in der Fossa trochanterica. b) Von der Symphysengegend entspringend; inseriert am proximalen Teil des Femurschaftes. c) Entspringt von der Symphysengegend unter dem Gracilis; inseriert an der Mitte der Unterseite des Femur; kann in zwei Muskeln gespalten werden. d) und e) Entspringen vom Tuber ischii und inserieren am distalen Drittel der Unterseite des Femur und sehnig am Epicondylus tibialis. f) Entspringt vom Tuber ischii; ist ein kräftiger Muskel, der an der Mitte der Unterseite des Femur inseriert.

KUHL etz. beschreiben bei *At.* einen Pectineus, aus »drei Bündeln« bestehend sowie drei Adductores. SIRENA beschreibt bei *Myctes* einen grossen, platten Pectineus sowie vier Adductores. BISCHOFF sagt, dass die Adductores femoris bei *Pithecia* sich wie beim Menschen verhalten.

Iliopsoas. Inseriert b. b. am Trochanter minor. Die lange Sehne des Psoas minor inseriert an der Linea ileo-pectinea.

Sartorius. Entspringt bei beiden von einer Strecke am unteren Teil der Vorderkante des Ileum. Inseriert gleich distal vom Caput an der Innenseite der Tibia und geht über die Semitendinosus-Gracilissehne in die Unterschenkelfascie über.

Extensor cruris (Quadriceps femoris). Bei *Chr.* entspringt der Rectusteil von der Ileumkante, gleich unter dem Sartorius. Vastus externus sowie Vastus internus entspringen je an einer Stelle im proximalsten Teil des Femurschaftes. V. int. wird von verdicktem Bindegewebe an der Innenseite des Femurschaftes festgehalten. Vastus intermedius entspringt vom ganzen Femurschaft. Rectus und Vastus ext. vereinigen sich in der Mitte des Oberschenkels, dieser gemeinsame Teil mit den beiden übrigen Vasti nicht weit vom Knie. Bei *At.* entspringt der Rectusteil in derselben Weise, Vastus externus wie oben sowie auch von der ganzen Unterseite des Femurschaftes, Vastus intermedius wie oben, Vastus internus wie oben sowie von der ganzen Innenseite des Femurschaftes. In der Mitte des Oberschenkels vereinigt sich Rectus mit dem Vastus ext. und etwas distaler mit dem Vastus int. Nicht weit vom Knie vereinigt dieser gemeinsamer Teil sich mit dem Vastus intermedius. Nach KUHL etz. bildet der Cruralis (Vast. int.) bei *At.* keine mit den anderen gemeinsame Sehne sondern befestigt sich stark an das obere Ende der Kniescheibe. Einen Capsularis sah ich b. b. nicht.

Gastrocnemius. Die Köpfe entspringen bei beiden wie gewöhnlich. Bei beiden findet man ein mediales Sesamstück. Bei *Chr.* vereinigen sich die Köpfe ganz proximal von der Mitte des Unterschenkels. Bei *At.* vereinigen sie sich etwas proximaler; sie bleiben hier fast bis zum Calcaneus fleischig; die Sehne ist ganz kurz und nach innen vom Muskelbauch des Soleus bedeckt. ERNA GLAESMER sagt (1910, pag. 297), dass Triceps surae bei *Ateles* fleischig am Tuber calcanei inseriert; sie meint wohl das hier beschriebene Verhalten. Nach HEDWIG FREY besitzt auch *Cebus* ein mediales Sesamstück.

Soleus. Dieser Muskel hat hier bei weitem nicht die kolossale Entwicklung erhalten wie beim Menschen. Er entspringt halb sehnhaft (*At.*) oder sehnig (*Chr.*) vom Caput fibulae. Bei *Chr.* vereinigt er sich in der Mitte des Unterschenkels mit beiden Gastrocnemiusköpfen, hauptsächlich doch mit dem äusseren. Bei *At.* ist er relativ kräftiger und vereinigt sich — proximal von der Vereinigung der Gastrocnemiusköpfe — mit dem äusseren Gastrocnemiuskopfe und — distal von der Vereinigung der Gastrocnemiusköpfe — mit dem inneren Kopfe und setzt sich bis zum Calcaneus fort, wo er fleischig inseriert, wie auch bei *Mycetes* (SIRENA). Nach ERNA GLAESMER sollte er bei *Ateles variegatus* von dem proximalen Drittel der Fibula entspringen; der Plantaris sollte hier fehlen. Nach meiner Auffassung hat die Verfasserin diese Verhältnisse unrichtig beurteilt. Nach HEDWIG FREY kommt bei *Cebus* ein Ursprungsteil des Soleus vom Caput tibiae.

Plantaris. Bei beiden entspringt er von der Fabella. Bei *Chr.*, wo er erst eine Strecke mit dem Gastr. int. verwachsen ist, tritt die Sehne etwas proximal vom Tuber calcanei an der Innenseite der Achillessehne hervor und geht weiter unten in die Plantaraponeurose über, sich etwas an beiden Seiten des Tuber calc. befestigend. Bei *At.* finden wir sekundäre Verhältnisse, indem Plantaris seine lange Sehne aufgegeben hat und — proximal von der Mitte des Unterschenkels — sehnig in das Sehnenblatt zwischen Soleus und Gastrocnemius internus übergeht. Merkwürdigerweise finden man überall die unbegründete Angabe, dass der Plantaris bei *Ateles* fehle: so bei KÜHL etz., LOTH, FREY, GLAESMER. Nach BISCHOFF hat *Pithecia* einen verhältnismässig starken Plantaris, der aber mit dem äusseren Gastrocnemiuskopfe sehr vereinigt ist. Nach SIRENA fehlt bei *Mycetes* der Plantaris. HEDWIG FREY sah bei *Cebus* einen Plantaris, dessen Sehne wie gewöhnlich in die Plantaraponeurose überging, was ich auch beobachtet habe. LOTH sah bei *Chrysothrix* ähnliche Verhältnisse wie ich.

Flexor fibularis und *Flexor tibialis** (*Flexor hallucis longus*, *Flexor digitorum communis*). Bei *Chr.* entspringt der Fl. fibularis von den proximalen $\frac{4}{5}$ des Fibulaschaftes und von der Membrana interossea; er ist etwas mit den Peronaei verwachsen. Der Fl. tibialis entspringt proximal etwas mit dem vorigen sowie von dem 2.—4. Siebtel des Tibiaschaftes. Dieser Muskel giebt die Sehnen für I (teilweise) und V ab, der Fl. fibularis die für I (teilweise)—IV. Proximal von der Teilung in Zehensehnen werden die beiden Sehnen im Fussteller durch dichtes Bindegewebe zusammengehalten. Bei *At.* entspringt der Fl. fibularis von den proximalen $\frac{3}{4}$ des Fibulaschaftes, von der Membrana interossea und etwas von der Tibia in dessen distalsten Teil. Fl. tibialis entspringt von der ganzen Interspatiumstrecke der Tibia mit Ausnahme einer kleinen, proximalen Strecke. Dieser Muskel giebt die Sehne für V ab und sendet Verstärkungen zu den Sehnen des Fl. fibularis für III und IV oder nur IV. Im Tarsus werden die Sehnen durch verdicktes Bindegewebe zusammengehalten. Der Fl. fibularis giebt die Sehnen für I—IV ab,

* Die Namen der menschlichen Anatomie für diese beiden Muskeln werden in der vergleichenden Anatomie schon bei den Affen unrichtig und unbrauchbar.

von denen, wie erwähnt, die für III und IV Verstärkungen vom Fl. tibialis erhalten. Das Verhalten dieser Zehensehnen scheint individuelle Variation zu zeigen. KÜHL etz. — nach denen bei *At.* der Fl. tibialis auch vom Condylus internus femoris entspringen sollte — geben an, dass beide Flexoren je fünf Sehnen entsenden, die miteinander verschmelzen. ERNA GLAESMER hat bei sowohl *Ateles ater* als *Ateles variegatus* eine andere Verteilung der Sehnen gesehen. Doch geht bei *At.* immer eine Sehne des Fl. tibialis zu V. Nach BISCHOFF gab bei *Pithecia* der Flexor tibialis die Sehnen für II und V mit den entsprechenden Lumbricales ab. Bei *Cebus monachus* sah ERNA GLAESMER den Fl. tibialis die Sehne für V abgeben sowie mit dem Fl. fibularis zusammen die Sehne für I bilden. Sie hat bei *At.* einen tibialen Ursprung des Fl. fibularis gesehen.

Tibialis posterior. Bei *Chr.* ist er schwach und entspringt proximal etwas mit dem Fl. fibularis, etwas distaler von der Membrana interossea und von einer Stelle in der proximalen Hälfte der Tibia; er inseriert am Naviculare. Bei *At.* entspringt er proximal etwas von der Fibula, etwas distaler von der Membrana interossea sowie von den proximalen $\frac{2}{3}$ der Tibia; er inseriert am Naviculare. Sein distaler Teil wird etwas von dem Ursprung des Fl. tibialis überbrückt. ERNA GLAESMER fand bei *At. ater* und *variegatus* eine Insertion am Naviculare und Cuneiforme I. Nach KÜHL etz. inseriert er bei *At.* am Cuneiforme I. Bei *Cebus fatuellus* sah ich einen schwachen Tibialis posterior, der von dem Fl. tibialis überwachsen war und am Naviculare und den Cuneiformia inserierte. Nach ROSENFELD teilt sich die Sehne des Tibialis posterior bei den Halbaffen in zwei Teile, von denen der eine zum Naviculare, der andere zu den Cuneiformia und den Bases der Metatarsalia geht. Bei den Affen ist der mediale Sehnenteil rudimentär. Bei *Cebus capucinus* inseriert nach ihm der laterale Sehnenteil an Mesocuneiforme, Entocuneiforme und an den Metatarsalia II—IV; der mediale Sehnenteil wird von einem zum Naviculare gehenden Retinaculum repräsentiert. Bei *Ateles paniscus* sah er die Sehne am Tuberositas ossis navicularis inserieren und bis zum Distalende des Entocuneiforme reichen.

Popliteus. Bei *Chr.* entspringt er wie gewöhnlich mittels einer Sehne vom Femurkondyl fleischig von der Hinterseite des Kniegelenkkapsels und, tibial von diesem Ursprung, schwach zwischen den Femurcondylen sowie mittels einer Sehne von der Aussenseite den Cond. ext. femoris. Es existiert hier kein Sesamstück. Er ist relativ kräftig und inseriert am proximalen Drittel des Tibiaschaftes. Durch die Untersuchungen FÜRST's kennen wir die Entwicklungsgeschichte der Ursprungssehne des Popliteus und wissen, dass der Popliteus bei einigen Formen auch von der Hinterseite der Kniegelenkkapsel entspringt. *Chr.* verhält sich also in dieser Beziehung ziemlich primitiv. Bei *At.* finden wir ziemlich menschenähnliche Verhältnisse. Der Muskel entspringt hier von dem Sesamstück, das mittels einer Sehne mit dem Condylus fibularis verbunden ist; er inseriert am proximalen Viertel des Tibiaschaftes. Nach KÜHL etz. sollte der Popliteus bei *At.* fehlen. FÜRST beschreibt den Popliteus von *Nyctipithecus felinus*, *Cebus sp.* und *Lagothrix infumatus*.

Peroneo-tibialis. Bei beiden sah ich im proximalen Winkel zwischen Tibia und Fibula einen schwachen Peroneo-tibialis, vom Popliteus bedeckt. FÜRST sah ihn bei *Cebus* und *Lagothrix*, aber nicht bei *Nyctipithecus*. Bei dem von mir untersuchten *Cebus fat.* existierte ein kleiner, proximaler Peroneo-tibialis.

Abductor hallucis. Bei *Chr.* entspringt er mit einem breiten Ursprung von der Plantarfascie, vom Calcaneus und Naviculare; er vereinigt sich mit dem Flexor brevis hallucis. Bei *At.* geht er vom Calcaneus und Entocuneiforme zur Aussen-seite der Basis von I¹.

Abductor digiti V. Bei *Chr.* entspringt er von der Plantarfascie und von der Mitte der Unterseite des Calcaneus; er inseriert an der Aussenseite der Basis von Metatarsale V und V¹. Bei *At.* entspringt er von der Unterseite des hintersten Teils des Calcaneus und vereinigt sich mit dem Fl. brevis dig. V.

Flexor digitorum brevis pedis. Bei *Chr.* besteht die oberflächliche Lage dieser Muskelgruppe aus nur einem Individuum, das von dem tieferen Teil der Plantaraponeurose entspringt um als Flexor perforatus zu der Zehe II zu gehen. Die tiefe, Lage geht von der Sehne des Fl. tibialis zu V, von beiden Sehnen zu IV und von der Fl. fibularis-Sehne zu III. Bei *At.*, wo der distale Teil des Plantaris und damit die Sehne verschwunden ist, hat der obere Teil seinen Ursprung zum Calcaneus verlegt und besteht aus zwei Flexores perforati für II, III und IV*. Der tiefere Teil entspringt von der Sehne des Fl. tibialis und besteht aus zwei Individuen, von denen der eine sich mit dem eben erwähnten Fl. perf. für IV vereinigt, der andere als Fl. perforatus zu V geht.

Nach ERNA GLAESMER geht bei *At. variegatus* der oberflächliche Teil vom Calcaneus zu II—V, der tiefere von der Sehne des Fl. tib. zu dem Muskel der oberflächlichen Lage für IV sowie zu V. Bei *At. ater* sah sie dieselben Verhältnisse, nur dass der tiefe Teil auch etwas von der Sehne des Fl. fibularis entsprang. Bei *Cebus monachus* geht nach ihr der oberflächliche Teil nur zu II; der tiefe Kopf geht von der Sehne des Fl. tib. zu III—V. Dasselbe Verhalten habe ich bei *Cebus fatuellus* gesehen.

Nach SIRENA geht bei *Mycetes* der oberflächliche Teil von Calcaneus und der Plantarfascie zu II und III, der tiefere Teil von der Sehne des Fl. tibialis zu III—V; die beiden Teile für III vereinigen sich.

Nach BISCHOFF geht der oberflächliche Teil — dessen Ursprung nicht angegeben wird — zu II und III, der tiefere Teil von der Sehne des Fl. tib. zu III—V; die Teile für III vereinigen sich.

Nach MARIE SAWALISCHIN findet man folgende Verhältnisse. Bei *Chrysothrix sciurea* bildet der oberflächliche Teil, der von der Plantaraponeurose entspringt, allein oder von dem tiefen Kopfe unterstützt, die perforierte Sehne für II und vereinigt sich daneben mehr oder weniger mit dem tiefen Kopfe (drei Exemplare ver-

* Auffallend ist ja, dass *Ateles*, der was dem Biceps betrifft dem Menschen ähnlich ist, auch im Verhalten des Plantaris und Fl. dig. brevis pedis mit ihm Ähnlichkeit zeigt.

hielten sich in verschiedener Weise). Der tiefe Kopf geht zu III—V und sendet zuweilen eine Verstärkung zu dem Muskel der oberflächlichen Lage für II. Bei *Ateles ater* (vier Exemplare) entsprang der oberflächliche Kopf vom Calcaneus (bei zwei Exemplare kamen auch einige Faser von der Plantaraponeurose) und ging bei zwei Exemplaren zu II—IV, bei einem nur zu II und III. Der tiefe Teil ging zu III—V; wo Doppelsehnen vorhanden waren, vereinigten sie sich. Bei *Mycetes seniculus* entsprang der oberflächliche Kopf vom Calcaneus und bildete einen kräftigen Teil für III und einen schwachen für II. Der tiefe Kopf bildete die Teile für IV und V* und mit dem eben erwähnten Teil den Muskel für II. Bei *Cebus flavus* ging der oberflächliche Kopf von der Plantaraponeurose zu II, der tiefe zu III—V. Bei *Cebus apella* sah sie dieselben Verhältnisse. Bei *Cebus fatuellus* sah sie an einem Exemplar dasselbe Verhalten wie bei *C. flavus*, an einem anderen Exemplar ging vom oberflächlichen Kopfe eine Verstärkung zu dem Teil des tiefen Kopfes für III. Bei *Cebus capucinus* bestand der oberflächliche Teil aus zwei Schichten; die obere Schicht besteht aus zwei Muskeln, die als Verstärkungen zu den Muskeln des tiefen Teils für III und IV gehen, die tiefere Schicht aus einem Muskel für II. Der tiefere Teil geht zu III—V.

Auf das Verhalten des Flexor digitorum brevis pedis stützend hat MARIE SAWALISCHIN ziemlich weitgehende phylogenetische Schlüsse gezogen, die von ERNA GLAESMER kritisiert wurden. Da ich dieser Frage an anderer Stelle zu behandeln beabsichtige, gehe ich hier auf die von diesen Verfasserinnen ausgesprochenen Ansichten nicht ein.

Lumbricales bieten nichts besonderes. KÜHL etz. beschreiben einen Teil des tiefen Teils des Fl. dig. brevis als einen fünften Lumbricalis.

Quadratus plantae. Ist bei *Chr.* schwach**, bei *At.* kräftig. Entspringt vom Tuber calcanei, bei *At.* auch von der Achillessehne. Inseriert bei *At.* links an der Sehne des Fl. fib., rechts an der Sehne des Fl. tib., bei *Chr.* an beiden Sehnen. Nach KÜHL etz. sollte er sich bei *At.* in fünf Sehnen teilen, »die sich aufs innigste mit den Sehnen der grossen Beuger verbinden«. Nach BISCHOFF ist er bei *Pithecia* schwach und verbindet sich mit der Sehne des Fl. fibularis. Nach ERNA GLAESMER inseriert er bei *At. variegatus* an der lateralen Seite der Sehne des Fl. tib., vorwiegend an der Sehne für die fünfte Zehe. Sie erwähnt weder bei diesem noch bei *At. ater* einen Ursprungs von der Achillessehne. Bei dem von mir untersuchten *Cebus fatuellus* wurde er vermisst.

Flexor brevis hallucis, *Flexor brevis digiti V*, *Opponens digiti V* bieten nichts besonderes.

Adductores pedis. Wir unterscheiden hier am besten einen von der tiefen Tarsalfascie entspringenden Teil a), dessem tibialen Teil das Caput obliquum beim Menschen entspricht, sowie einen mehr oder weniger von der tiefen Tarsalfascie,

* Die Verfasserin schreibt 3. und 4., was wohl ein Schreibfehler ist, da es der Figur und der übrigen Beschreibung nicht entspricht.

** Schien rechts zu fehlen.

der Oberfläche des Teils a) und von den Basis der Grundphalangen entspringenden Teil b), dem das Caput transversum des Menschen mehr oder weniger entspricht. a) inseriert bei *Chr.* an der Fibularseite der Basis der Grundphalanx von II und der Tibialseite von IV und V, bei *At.* an der Fibularseite der Basis der Grundphalanx der Grosszehe und an der Tibialseite der Bases der Grundphalangen III, IV und V. b) entspringt bei *Chr.* von der tiefen Tarsalfascie und von der Oberfläche des Teils a) und von den Bases der Grundphalangen II und III und inseriert an der Fibularseite des Distalendes des Metatarsale I und etwas an der Fibularseite der Basis der Grundphalanx der Grosszehe. Bei *At.* entspringt der Teil b) mit dem Teil a) sowie von seiner Oberfläche und von den Bases der Grundphalangen II III und IV; Insertion wie bei *Chr.* Nach KÜHL etz. kommt a) [»Adductor hallucis posterior«] sehnig vom hinteren Kopfe des Os metatarsi der Mittelzehe und b) [»Add. hall. anterior«] von dem vorderen Ende der Ossa metatarsi der drei mittleren Zehen.

Interossei. Lassen sich bei *At.* verhältnismässig leicht voneinander trennen. KOHLBRUGGE erwähnt dieses Verhaltens.

Tibialis anterior. Bei *Chr.* ist er vollständig gespalten. Er entspringt a) schmal und sehnig vom Caput tibiae und fleischig von der Oberfläche des Peronaeus longus um an der Basis des Metatarsale I zu inserieren, b) von der proximalen Hälfte des Tibiaschaftes um am Entocuneiforme zu inserieren. Bei *At.* ist er von etwas distal von der Mitte des Unterschenkels ab gespalten. Er entspringt hier vom Caput tibiae, von den proximalen $\frac{3}{5}$ des Tibiaschaftes und von der Fascie über dem Peronaeus longus. Er inseriert: a) an der Basis des Met. I, b) am Entocuneiforme. Bei *Cebus fat.* war er vollständig gespalten.

Extensor digitorum communis (Ext. dig. long.). Bei *Chr.* entspringt er von etwas mehr als den proximalen $\frac{2}{3}$ der Fibula. Er spaltet sich in zwei Bäuche, die im distalsten Teil des Unterschenkels sehnig werden, zuerst der tibiale Bauch. Die tibiale Sehne spaltet sich in Sehnen für II und III, die fibulare in solche für IV und V. Bei *At.* entspringt er etwas vom Caput tibiae und von den proximalen $\frac{3}{4}$ der Fibula und etwas von der Unterseite des Peronaeus longus. Er bleibt hier bis etwas distaler fleischig und spaltet sich auch etwas später in die beiden Sehnen, die sich sonst in derselben Weise verhalten.

Extensor hallucis longus. Entspringt bei beiden von der Membrana interossea; inseriert an den beiden letzten Phalangen des Daumens. Ist bei *Chr.* relativ etwas länger.

Peronaeus longus. Bei *Chr.* entspringt er von der proximalen Hälfte, bei *At.* von den proximalen $\frac{3}{4}$ der Fibula und von der Fascie neben dem Flexor fibularis. Die Sehne inseriert bei beiden an der Beugeseite der Basis von Metatarsale I und wird durch kräftigem Bindegewebe an der Basis des Met. V festgehalten; die phylogenetische Bedeutung dieses Bindegewebestranges habe ich in meiner Abhandlung über die Unterschenkel- und Fussmuskulatur dargelegt.

Peronaeus brevis. Entspringt von etwas mehr als der distalen Hälfte des Fibulaschaftes um an der Basis des Metatarsale V zu inserieren.

Peronaeus digiti V. Bei *Chr.* finden wir Verhältnisse, die denen des Menschen ziemlich nahe stehen. Dieser Muskel ist hier sehr schwach und lang und liegt zwischen den beiden anderen Peronaei eingeklemmt. Er entspringt lang und sehr dünn von der Fibula gleich oberhalb der Mitte dieses Knochens. Die Sehne zieht unter den anderen Peronaeussehnen zu der Sehne des Ext. dig. communis für V. Man sieht, dass nur eine unbedeutende Änderung nötig wäre, damit der Muskelbauch reduziert wurde und die Endsehne sich mit der Sehne des Peronaeus brevis vereinigte. Bei *At.* entspringt er von der Fibula, distal vom Ursprung des Peronaeus longus; die Sehne verhält sich wie bei *Chr.* KÜHL etz. nennen diesen Muskel »Extensor longus digiti minimi«. BISCHOFF fand ihn bei *Pithecia hirsuta* zwischen den anderen Peronaei. Nach SIRENA entspringt er bei *Mycetes* vom hinteren Teil des unteren Drittels der Fibula. Bei *Cebus fat.* sah ich diesen Muskel von einer Strecke im distalen Drittel der Fibula entspringen. FRETZ hat dieselben Verhältnisse wie ich bei *Chr. sciurea* gesehen; an einem Exemplare sah er einen überschüssigen Peronaeus. Bei *Pithecia monacha* fand er dieselben Verhältnisse wie bei *Chr.*; bei *Mycetes* entsprang der Muskel etwas distaler; bei *Cebus sp.* sah er auch einen Per. dig. V; bei *At. ater* sah er dieselben Verhältnisse wie ich; bei *Nyctipithecus azarae* und *trivirgatus* fand er dagegen einen Peronaeus digiti IV und V, welcher aus einem Muskelkörper und einer Sehne mit zwei Endzipfeln bestand. Dieses Verhalten erinnert an älteren Verhältnissen wie bei fast allen Prosimiern, den meisten Nagetieren, mehreren Insectivoren etz., wo man Extensores laterales für sowohl V als IV findet. Wahrscheinlich besaßen die ältesten placentalen Säugetiere diese beiden Extensores laterales, von denen der für IV oft und der für V (bei Tieren mit un-reduzierten Zehen) selten verschwindet.

Extensor digitorum brevis und *Extensor hallucis brevis.* Der gemeinsame Muskel entspringt von der oberen, lateralen Fläche des Calcaneus um zu den Zehen I—IV zu gehen. Zwischen den Enden der Muskelteilen für I und II ist ein halbmondförmiger Sehnenbogen ausgespannt. BISCHOFF sah bei *Pithecia* den Ext. hallucis brev. zwei Sehnen abgeben, eine für I und eine für II; die Zehe II bekam auch eine Sehne vom Ext. digitorum brevis.

Literaturverzeichnis.

- BIJVOET, W. F., Zur vergleichenden Morphologie des Musculus digastricus mandibulae bei den Säugetieren, in: Zeitschr. Morph. Anthr. Vol. 11, 1908.
 BISCHOFF, TH. L. W., Beiträge zur Anatomie des Hylobates leuciscus, in: Abh. K. bayr. Akad. Wiss., Math.-Phys. Cl., Vol. 10, 1870.
 CHAINE, J., Le Digastrique, in: Journ. de l'Anat. et de la Phys. 1914.
 FORSTER, A., Beitrag zur Morphologie des Scalenußsystems und des M. sterno-costalis, I, II, in: Zeitschr. Morph. Anthr., Vol. 19, 1915.
 FRETZ, G. P., Die Varietäten der Musculi peronaei beim Menschen und die Mm. peronaei bei den Säugetieren, I, II, in: Petrus Camper, Bd. IV, Morph. Jahrb., Vol. 38, 1908.
 FREY, HEDWIG, Der Musculus triceps surae in der Primatenreihe, in: Morph. Jahrb., Vol. 47, 1913.

- FÜRST, C. M., Der Musculus popliteus und seine Sehne, in: K. Fysiogr. Sällsk. Förh., Lund, Vol. 14, 1903.
- GLAESMER, ERNA, Untersuchung über die Flexorengruppe am Unterschenkel und Füß der Säugetiere, in: Morph. Jahrb., Vol. 38, 1908.
- , Die Beugemuskeln am Unterschenkel und Fuss bei den Marsupialia, Insectivora, Edentata, Prosimiae und Simiae, in: Morph. Jahrb., Vol. 41, 1910.
- , Zur Phylogenie des Flexor brevis digitorum pedis, in: Morph. Jahrb., Vol. 45, 1913.
- HOLL, M., Zur Morphologie des M. digastricus mandibulae der Affen, in: Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien, Abt. III, Vol. 121, 1912.
- KLAATSCH, H., Der kurze Kopf des Musculus biceps femoris und der Tenuissimus, in: Morph. Jahrb., Vol. 29, 1902.
- KOHLBRUGGE, J. H. F., Die morphologische Abstammung des Menschen. Stuttgart 1908.
- KOLSTER, R., Vergleichend anatomische Studien über dem M. pronator teres der Säugetiere, in: Anat. Hefte, Vol. 17, 1901.
- KUHL und VAN HASSELT, Zergliederung eines weiblichen Ateles beltzebuth Geoff., besonders in myologischer Hinsicht, in: Beitr. z. Zool. u. vergl. Anat., Abt. III, Frankfurt a. M., 1820.
- LOTH, E., Die Aponeurosis plantaris in der Primatenreihe, in: Morph. Jahrb., Vol. 38, 1908.
- McMURRICH, J. PLAYFAIR, The phylogeny of the crural flexors, in: Amer. Journ. Anat., Vol. 6, No 4, 1907.
- RJBBING, L., Die Unterschenkel- und Fussmuskulatur der Tetrapoden, in: K. Fysiogr. Sällsk. Handl. Lund. N. F. Vol. 20. No. 5. 1909.
- ROSENFELD, CARL M., Zur vergleichenden Anatomie des Musculus tibialis posticus, in: Anat. Hefte, Vol. 11, 1899.
- SAWALISCHIN, MARIE, Der Musculus flexor communis brevis digitorum pedis in der Primatenreihe mit spezieller Berücksichtigung der menschlichen Varietäten, in: Morph. Jahrb., Vol. 42, 1911.
- SCHÜCK, ADALBERT, Beiträge zur Myologie der Primaten. I. Der M. latissimus dorsi und der M. latissimo-tricipitatis, in: Morph. Jahrb., Vol. 45, 1913.
- , Beiträge zur Myologie der Primaten. II. 1. Die Gruppe: Sterno-cleido-mastoideus, Trapezius, Omo-cervicalis. 2. Die Gruppe: Levator scapulae, Rhomboides, Serratus anticus, in: Morph. Jahrb., Vol. 47, 1913.
- SIEGLBAUER, FELIX, Zur Anatomie der Schildkrötenextremität, in: Arch. Anat. Entwicklungsgesch., Jahrg. 1909.
- TSCHACHMACHTSCHJAN, HAIKANDUCHT, Über die Pectoral- und Abdominalmuskulatur und über die Scalenus-Gruppe bei den Primaten, in: Morph. Jahrb., Vol. 44, 1912.

IX. Der Ursprung des Sesamstücks des inneren Gastrocnemiuskopfes.

In seiner Abhandlung über den *Musculus popliteus* zeigt FÜRST¹, wie sich das Sesamstück des äusseren Gastrocnemiuskopfes aus einem Teil der abgelösten Fibulaschaukel der Monotremen ausbildet. Meine Studien über die Unterschenkelmuskulatur² haben mich dazu geführt dieser Auffassung beizupflichten. HEDVIG FREY³ bemerkt aber in ihrer Abhandlung über den *Musculus triceps suræ* in der Primatenreihe, dass wir die Darstellung FÜRST's nicht als überzeugend auffassen können, bis wir auch den Ursprung des Sesamstücks des inneren Gastrocnemiuskopfes kennen. Ich will hier nicht auf die prinzipiellen Anmerkungen eingehen, die man gegen diese Äusserung richten konnte. Aber ich will hier eine Hypothese aufstellen, nach der man den Ursprung dieses inneren Sesamstücks erklären konnte. Ich hoffe später meine Auffassung durch mikroskopische Untersuchungen erhärten zu können.

Ich habe gezeigt², dass die beiden Gastrocnemiusköpfe — oder wie man besser sagt die beiden Gastrocnemii — aus dem grossen, einfachen Zehenbeuger (*Flexor primordialis communis*) der Urodelen stammen*. Dieser Muskel hat sich bei den Reptilien und Säugetieren gespalten. Anfangs — wie z. B. bei den Schildkröten — sind die beiden Gastrocnemii einander ziemlich unähnlich. Ihre Ähnlichkeit bei den höheren Säugetieren ist also eine Konvergenzerscheinung. Bei den Schildkröten^{2, 4} entspringt der innere Gastrocnemius (SIEGLBAUER's *Caput tibiale gastrocnemii*) von der Tibia. In myologischer Beziehung müssen die Vorfahren der Säugetiere den Schildkröten ziemlich nahe gestanden sein. Bei unbekannten Zwischenformen ist also der Ursprung des inneren Gastrocnemius aus mechanischen Gründen nach dem inneren Femurepikondyl gewandert. Morphologische aber nicht phylogenetische Zwischenstufen finden wir bei anderen Reptilien; hier haben also ähnliche mechanische Ursachen gewaltet. Bei den Crocodiliern hat der innere Gastrocnemius den alten Ursprung, an der Tibia, behalten. Bei *Lacerta* und *Varanus* entspringt er von der Tibia, bei *Uromastix* von der Kniegelenkkapsel (sowie vom inneren Kniegelenkmeniscus), bei *Tupinambis* und *Ameiva* von der Kniegelenkkapsel und dem Femur**.

* Diese meine Arbeit scheint in Deutschland vollständig unbekannt zu sein.

** Ich habe also meine ältere Auffassung aufgegeben, nach der der innere Gastrocnemius bei den Sauriern seinen Ursprung distalwärts verlegte.

Nun kennen wir durch die Abhandlung FÜRST's ¹ eine schöne Entwicklungsreihe des Ursprungs des Popliteus bei den Säugetieren; er hat sich durch Aneignung des Meniscus femoro-fibularis und dessen Ligamente aus einen Musculus popliteus tibio-fibularis zu einem Musculus popliteus tibio-femoralis umgestaltet. Das Sesamstück der Popliteussehne fasst FÜRST als einen zweiten Rest der Fibulaschaukel auf.

Ich glaube jetzt, dass sich bei der Proximalwärtswanderung des Ursprunges des inneren Gastrocnemius, der wohl bei den Vorfahren der Säugetiere wie bei *Uromastix* auch vom inneren Kniemeniscus entsprang, sich ein Teil des Meniscus abgelöst habe, den wir jetzt als Sesamstück des inneren Gastrocnemius wiederfinden. FÜRST hatte das Glück eine schöne Entwicklungsreihe unter den Säugetieren zeigen zu können. Dies ist mir leider hier nicht möglich, da die Zwischenstadien bei ausgestorbenen Tieren existiert haben müssen. Ob die Ursprungssehne des inneren Gastrocnemius der Säugetiere aus dem Wand der Hinterseite des Kniegelenkkapsels stammt, darüber will ich mich noch nicht aussprechen.

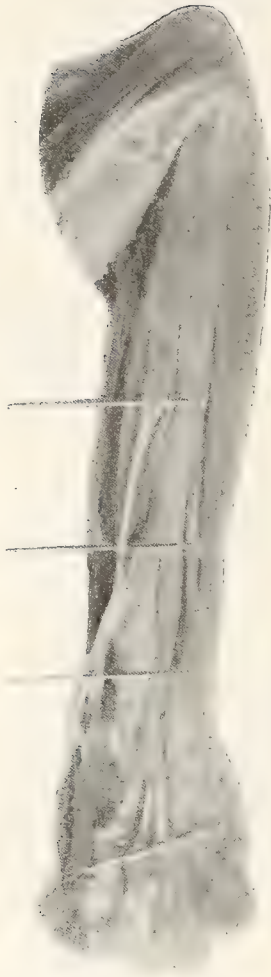
Da sich die beiden Gastrocnemii von den Schildkröten zu den höheren Säugetieren aus ziemlich verschiedenen Gebilden in konvergenter Richtung entwickelten, ist es ja im hohen Grade wahrscheinlich, dass ihre Sesamstücke eine verschiedene Geschichte haben.

Übrigens will ich darauf hinweisen, dass der äussere Gastrocnemius der Säugetiere und Reptilien vielleicht mehr analoge als homologe Muskeln sind. Der grosse einheitliche Zehenbeuger der Urodelen entspringt hauptsächlich von der Fibula aber auch vom Femur. Bei den Reptilien finden wir hier überall auch einen Femoralursprung. Bei den Monotremen aber finden wir die Fibulaschaukel, die einen Femoralursprung unmöglich macht. Der Muskel, der hier dem äusseren Gastrocnemius sowie dem Plantaris und dem Soleus der höheren Säugetiere entspricht, entspringt hier von der Schaukel. Erst bei den Beuteltieren entsteht hier aus einem Teil dieses Muskels ein äusserer Gastrocnemius, der allmählich seinen Ursprung zum Femur verlegt.

Literaturverzeichnis.

- 1) FÜRST, C. M., Der Musculus popliteus und seine Sehne, in: K. Fysiogr. Sällsk. Förh., Vol. 14, 1903. Lund.
 - 2) RIBBING, L., Die Unterschenkel und Fussmuskulatur der Tetrapoden, in: K. Fysiogr. Sällsk. Handl., N. F. Vol. 20, Nr 5, 1909. Lund.
 - 3) FREY, HEDVIG, Der Musculus triceps surae in der Primatenreihe, in: Morph. Jahrb., Vol. 47, 1913.
 - 4) SIEGLBAUER, F., Zur Anatomie der Schildkrötenextremität, in: Arch. Anat. Entwicklungsges., Jahrg. 1909.
-

X. Eine Muskelvariation bei *Chrysothrix*.



Während meiner Zergliederung eines Exemplares von *Chrysothrix sciurea*, das ich in Nr. VIII dieser Muskelstudien beschrieben habe, fand ich am linken Arm einen abnormen Muskel. Ich beschreibe ihn hier in dieser besonderen Mitteilung, weil dieses Faktum dadurch den Anatomen, die sich für Muskelvariationen interessieren, leichter zugänglich wird. Überhaupt ist es von Bedeutung, dass wir die Muskelvariationen auch anderswo als beim Menschen kennen lernen.

Der rechte Arm meiner *Chrysothrix* zeigte keine Variationen. Am linken Arm dagegen entsprang aus dem proximalen Teil des Extensor carpi radialis brevis oberflächlich ein verhältnismässig dünner Muskelbauch (an der Figur durch drei Stecknadeln von den anderen Muskeln getrennt), der schräg in radialer Richtung zog und nicht weit von der Sehne des Abductor pollicis longus in eine Sehne überging. Diese Sehne zog unter der Sehne des Abd. poll. long. und inserierte, proximal von Brachioradialis, an einer Stelle der Innenseite des Radius, nicht weit vom Distalende dieses Knochens.

Bei LE DOUBLE* habe ich vergebens nach einem ähnlichen Fall gesucht.

* A.-F. LE DOUBLE, Traité des variations du système musculaire de l'homme et de leur signification au point de vue de l'anthropologie zoologique. I, II. Paris 1897.

IST DAS SOGENANNTTE CONTINUUMPROBLEM ÜBERHAUPT
MIT ENDLICHEN MITTELN LÖSBAR?

VON

T. BRODÉN



LUND
C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG
OTTO HARRASSOWITZ

Der K. Physiographischen Gesellschaft am 11. April 1917 vorgelegt.

LUND 1917

HÅKAN OHLSSONS BUCHDRUCKEREI

1. Man stellt sich wohl im allgemeinen vor, dass bei jedem mathematischen Problem eine Entscheidung möglich ist, entweder so dass man die Frage beantworten kann, oder so dass es sich darlegen lässt, dass das verlangte unmöglich ist. Und man fasst hierbei die Sache, ein wenig näher präzisiert, so auf, dass es in jedem Falle möglich sein muss, durch endliche Mittel (eine endliche Anzahl von Schlüssen) entweder eine Lösung zu gewinnen oder den Nachweis zu liefern, dass in der Aufgabe ein Widerspruch steckt (wie bei »trisectiō anguli« und »quadratura circuli«, als euklidische Konstruktionen aufgefasst). Es kann doch in Frage gestellt werden, ob dies ganz richtig ist. Es wäre eine ganz andere Art von »Unmöglichkeit« denkbar. Man könnte sich nämlich denken, dass gewisse Fragen, welche mit endlichen Mitteln in präziser Form *formulierbar* sind, andererseits nicht mit endlichen Mitteln *lösbar* wären; dies so aufgefasst, dass endliche Mittel nicht für eine Entscheidung ausreichen sollten. Wenn solches vorkommen kann, so bedeutet dies, dass es mathematische Fragen giebt, welche das menschliche Denkvermögen wohl aufstellen, aber nicht beantworten kann. Denn das menschliche Denken ist auf endliche Mittel hingewiesen.

Lässt es sich nun aber in irgend einer Weise erhärten, dass solche Fälle wirklich existieren? Ich bin der Meinung, dass es sich so verhält. Und ich erblicke hierein das eigentliche *Facit*, wenn man so sagen darf, aus den »mengentheoretischen Antinomien« oder richtiger gesagt aus einer unter ihnen, nämlich der »Antinomie der endlichen Bestimmbarkeit« (die übrigen haben in meinen Augen keine grössere Bedeutung, und die darüber geführten Diskussionen sind vielfach sogar lächerlich gewesen)¹.

Den äussersten Grund für die in Frage stehenden Erscheinungen hat man darin zu suchen, dass mit endlichen Mitteln nur eine *abzählbare* Menge von Begriffen definierbar sind. Hieraus folgt keineswegs, dass es unmöglich wäre, nicht-abzählbare Mengen als solche mit endlichen Mitteln zu definieren. So lässt sich z. B. die Menge aller reellen Zahlen in exakter Weise endlich definieren. Aber es ist nicht möglich, *jede einzelne Zahl zu individualisieren*, wenn man nur endliche

¹ S. hierüber eine Schrift des Verf. »Om begreppens dialektiska upprinnelse«, Lund (Gleerup) 1915, p. 96—112. Vgl. auch einen soeben erschienenen Aufsatz »Über die vermeintliche Existenz von Mengen, welche sich selbst enthalten, und über eine Schrift des Herrn Hj. Eklund«, *Nyt Tidsskrift for Matematik* (B), Jahrg. 28, p. 21—32 (Kopenhagen).

Mittel zur Verfügung hat. Es entsteht somit — um bei diesem Beispiel stehen zu bleiben — die Frage: welche reelle Zahlen lassen sich endlich definieren? Und da die Menge E aller solchen Zahlen abzählbar sein muss, lässt sich die Frage zur folgenden Aufgabe reduzieren: man bestimme eine einfache Zahlenreihe R , welche alle in E eingehenden Zahlen und nur solche als Glieder enthält. Nun ergibt sich aber leicht, dass wenn man diese Aufgabe als gelöst voraussetzt, dies zu einem Widerspruch führt: durch ein geeignetes »Diagonalverfahren« kann man eine Zahl Z bilden, welche zu E gehört aber in R nicht eingeht (die bekannte RICARD'sche Form der Antinomie). Die einzige mögliche Lösung dieses Widerspruchs liegt darin, dass obgleich E abzählbar ist, die Abzählung (die Bildung von R) nicht mit endlichen Mitteln erreichbar ist; dies und nur dies hat nämlich zur Folge, dass auch die Definition von Z nicht als endlich anzusehen ist, und somit die Zahl Z nicht zu E gehört, wodurch der Widerspruch verschwindet. Hier haben wir also schon ein Beispiel der verlangten Art: es ist gezeigt worden, dass die Aufgabe, R zu bilden, nicht mit endlichen Mitteln lösbar ist.

Ein anderes, wenn auch verwandtes Beispiel ist das folgende. Man denke sich, dass eine wohlgeordnete Zahlenmenge M von der Mächtigkeit der zweiten CANTOR'schen Zahlenklasse in irgend einer Weise mittels »transfiniten Induktion« definiert worden ist. Das heisst: wenn alle M -Elemente, welche einen gewissen Elemente a vorangehen, bestimmt sind, so soll nach gewissen Vorschriften auch a bestimmt werden können; und ausserdem soll das erste Element gegeben sein. Da M nicht abzählbar ist, so gilt es hier wiederum, dass nicht alle Elemente durch endliche Bestimmungen individualisiert werden können. Also muss es, da die Menge wohlgeordnet ist, ein *erstes* Element f existieren, welches eine solche Individualisierung nicht zulässt. Und man kann sich die Aufgabe stellen, dieses erste Element zu finden. Die Lösung dieser Aufgabe mit endlichen Mitteln würde aber damit gleichbedeutend sein, dass man für die in Frage stehende Zahl eine endliche Definition gefunden hätte — gegen die Forderung, dass eine solche nicht möglich sein sollte. Also ein neues Beispiel von einer Frage, welche mit endlichen Mitteln wohl gestellt, aber nicht gelöst werden kann. Und in diesem Falle ist die Unmöglichkeit ja so gut wie unmittelbar evident¹.

Bekanntlich haben mehrere Verfasser (wie Hardy, Hausdorff, Schoenflies) Konstruktionen für Mengen der jetzt betrachteten Art angegeben. Die hierbei benutzten Vorschriften können aber nach dem gesagten nicht ausreichen, um alle Zahlen der konstruierten Menge individuell zu definieren, wenngleich dies vom Anfang an und bis zu einer gewissen Grenze der Fall ist. Beiläufig sei etwa die HARDY'sche Konstruktion ein wenig näher betrachtet. Der Übergang von einer

¹ Wie die Sache sich gestaltet, wenn man nicht die Bestimmung der Zahl f sondern der bei der Wohlordnung zu ihr gehörigen Cantor'schen transfiniten Zahl fordert, könnte ja eine Frage sein. Hierauf näher einzugehen, ist hier nicht nötig. Nur sei bemerkt, dass auch die »transfiniten Zahlen« selbst nicht alle endlich individualisierbar sein können. Aber dies könnte ein Kapitel für sich werden.

Zahl g zur nächstfolgenden geschieht nach einer einfachen Regel, wobei man nur g , nicht aber die vorangehenden zu berücksichtigen hat. Bei der Wohlordnung giebt es aber Limeselemente, welche keine nächstvorangehende haben. Um ein solches Element zu gewinnen, hat man die Menge A aller vorangehenden Elemente zu betrachten und dies so, dass man die immer abzählbare Menge A auch als *abgezählt* voraussetzt. Wenn nun k die erste nicht-individualisierbare Zahl der wohlgeordneten Menge ist, so kann gesagt werden, dass k ein Limeselement ist, aber nicht mehr. Und die Unmöglichkeit, k mit endlichen Mitteln zu bestimmen, ist mit der Unmöglichkeit gleichbedeutend, die Gesamtheit der vorangehenden Elemente mit endlichen Mitteln abzuzählen.

Indessen kann man bei den obigen beiden Beispielen vielleicht einwenden wollen, dass sie von ganz besonderer Art sind, indem schon in der Fragestellung der Begriff endlicher Bestimmbarkeit eingeht. Dies ist ja ganz richtig. Aber das hindert nicht, dass auch andere Fälle, bei denen jenes Verhältnis nicht stattfindet, vorkommen können. Im folgenden werden wir uns mit der Frage beschäftigen, ob man nicht einen solchen Fall in dem bekannten *Continuumproblem* hat. Es gilt also die Frage: ist es mit endlichen Mitteln möglich zu entscheiden, ob das Linearcontinuum (das System der reellen Zahlen) die Mächtigkeit der zweiten Cantor'schen Zahlenklasse hat, oder höhere Mächtigkeit? Diese Mächtigkeitsfrage als solche hat nichts mit »endlicher Bestimmbarkeit« zu thun. Aber man kann dennoch fragen, ob endliche Mittel ausreichen um eine Entscheidung zu Stande zu bringen.

2. Als Vorbereitung ist es zweckmässig, die oben berührten Begriffe »endliche Mittel«, »endliche Bestimmbarkeit« etc. etwas näher ins Auge zu fassen. Dass ein Gedankending durch eine endliche Menge von Bestimmungen definiert ist, hat unbedingt eine ganz distinkte Bedeutung. Aber natürlich soll man sich dafür hüten, eine wirkliche Endlichkeit mit einer nur scheinbaren zu verwechseln. Ähnliches gilt auch für den Begriff endliche Anzahl von Schlussfolgerungen. Und wenn irgend eine Frage nicht durch eine endliche Reihe von Schlüssen entschieden werden kann, so beruht dies darauf — oder kann jedenfalls darauf beruhen — dass die Entscheidung überendliche Definitionen erfordern sollte.

Indessen haben auch hervorragende Mathematiker geltend machen wollen, dass Begriffe wie endliche Bestimmbarkeit nicht zur Mathematik gehören, sondern mehr philosophischer Natur sein. Eine solche scharfe Trennung von Mathematik und Philosophie finde ich meinetwegen jedenfalls in diesem Falle nicht glücklich. Allgemeine Betrachtungen über das Verhältniss zwischen Logik und Mathematik sollen hier nicht angestellt werden. Nur sei bemerkt: das Continuumproblem darf wohl als ein mathematisches Problem aufgefasst werden; es ist wohl jedenfalls erlaubt, die Frage zu stellen, ob es in menschlicher Macht steht, dies Problem zu lösen. Eine Beantwortung dieser Frage durch unmathematische Philosophen ist nicht zu erwarten; und die Sache ist mit dem Begriffe endlicher Bestimmbarkeit untrennbar verbunden.

Andererseits ist es nicht zu verneinen, dass »Mengen« von Bestimmungen, welche in einer Definition eingehen, oder von Schlüssen, in welche eine Beweisführung zerfällt, in gewissen Hinsichten von anderer Art sind als etwa Punktmengen oder Kurvenmengen u. dergl. Dies tritt am deutlichsten zu Tage, wenn man die schriftlichen Symbole betrachtet, mittels deren Definitionen und Beweise dargestellt werden. Um konkrete Verhältnisse vor den Augen zu haben, sowie auch um an das oben Gesagte anzuknüpfen, können wir ja wieder die reellen Zahlen und ihre Individualisierung betrachten. Um eine Zahl eindeutig zu beschreiben, wendet man (in Schrift) eine endliche Anzahl von Symbolen (ebenen Figuren) an, welche man so oder so anordnet. Alle denkbaren wesentlich verschiedenen Anordnungen bilden eine abzählbare Menge. Aber die Symbolanordnungen als solche sind eins, ihre *Bedeutung* etwas anderes. Und nicht alle Anordnungen haben überhaupt eine Bedeutung, sowie auch nur ein Teil von ihnen der Definition einer reellen Zahl entsprechen. Dieser Teil ist, als Teilmenge einer abzählbaren Menge, selbst abzählbar. Wenn es sich aber darum handelt, eine Abzählung wirklich vollzuführen, so tritt eben die Bedeutung der Symbolanordnungen dabei und kompliziert die Verhältnisse, und dies in so hohem Grade, dass eine Abzählung mit endlichen Mitteln sich als unmöglich herstellt. Hieraus folgt leicht, dass auch die endlich definierbaren Zahlen als solche eine Menge bilden, welche sich in derselben Weise verhält.

Man soll nicht einwenden, dass eine derartige eigenthümliche Teilmenge einer abzählbaren Menge doch möglicherweise nicht selbst abzählbar sondern von höherer Mächtigkeit sein konnte. Dass jede unendliche Teilmenge einer abzählbaren Menge $(1, 1)$ -deutige Korrespondenz mit der ganzen Menge zulassen muss, gilt nämlich ganz unabhängig davon, ob eine solche Korrespondenz durch endliche Mitteln zu Stande gebracht werden kann. Denn die wirkliche Abzählung (Numerierung) der ganzen Menge involviert unmittelbar eine Abzählung einer beliebigen Teilmenge, ohne dass notwendig immer durch endliche Mitteln entschieden werden kann, welche Nummern bei jener Abzählung auch zu Elementen der Teilmenge gehören. Dies kann ja paradox erscheinen. Aber vergebens wird man es versuchen, darin einen logischen Widerspruch zu finden. Nur muss man sich darin finden, den Begriff einer Abzählung durch überendliche, und also dem menschlichen Denkvermögen nicht zugängliche Mittel in den Gedankenkreis aufzunehmen (womit natürlich durchaus nichts darüber gesagt ist, ob es vernünftige Wesen giebt, welche einer derartigen Überendlichkeit fähig sind).

Selbstverständlich könnte man das Wort »abzählbar« für den Fall reservieren, dass eine endliche Abzählung möglich ist (und an Vorschlägen in dieser Richtung hat es in der Tat nicht gefehlt). Der entgegengesetzte Fall wäre dann mit einem anderen Worte zu bezeichnen. Wer aber hierin etwas anderes als eine reine Wortfrage sieht, also den Begriff einer überendlichen Abzählung ganz ablehnen will, hat hierfür keinen acceptablen Grund und schneidet dadurch — unter anderem — für sich jede Möglichkeit ab, die Frage zu beurteilen, ob das Continuumproblem vom menschlichem Standpunkte aus lösbar ist, oder nicht.

Man weiss, dass das Continuum nicht abzählbar ist. Und hierfür sind mehrere Beweise gegeben. Es ist aber hier nützlich oder sogar notwendig, dass wir uns fragen, wie dieser Satz in so zu sagen möglichst reiner Form zu beweisen ist, d. h. in einer Form, welche von jeder Unwesentlichkeit befreit ist und nur die notwendigsten, möglichst abstrakten Begriffe voraussetzt. Bekanntlich kann man leicht zeigen, dass die Menge T aller Teilmengen einer abzählbaren Menge A die Mächtigkeit des Continuums besitzt. Die Nicht-Abzählbarkeit des Continuums kann also in der Weise dargethan werden, dass man beweist, dass T nicht abzählbar ist. Dies ist aber nur ein Spezialfall des viel allgemeineren Satzes: *die Menge T aller Teilmengen einer beliebigen Menge M hat höhere Mächtigkeit als M* . Und dieser Satz lässt sich beweisen, ohne dass man andere Begriffe heranzieht als die aller fundamentalsten, wie Menge, Element, Teilmenge, einige Elemente, alle Elemente. Bekanntlich in folgender Weise¹:

Man nehme an, dass T mit M äquivalent wäre, also dass die M -Elemente umkehrbar eindeutig mit den T -Elementen korrespondieren könnten. Wenn dann a ein beliebiges M -Element bedeutet, sei das entsprechende T -Element — also eine Teilmenge von T mit $T(a)$ bezeichnet. $T(a)$ kann dann a als Element enthalten, oder nicht. Dass beide Fälle wirklich vorkommen, kann — wenn nötig — dadurch erreicht werden, dass man eine endliche Anzahl von Umtauschungen in der M - T -Correspondenz vornimmt. Es bedeute nun S die Gesammtheit derjenigen M -Elemente a , welche *nicht* in ihren entsprechenden $T(a)$ eingehen. Dann haben wir es so: wenn ein M -Element e in $T(e)$ eingeht, so gehört e nicht zu S ; wenn aber e nicht in $T(e)$ eingeht, so gehört e zu S . Nun ist S selbst Teilmenge von M und korrespondiert mit einem gewissen M -Elemente g ; $S = T(g)$. Nach dem soeben gesagten gilt also folgendes: wenn g in S eingeht, so geht g in S nicht ein; und wenn g nicht in S eingeht, so geht g in S ein. Dieser Widerspruch zeigt, dass T und M nicht äquivalent sein können. Und dass T nicht von kleinerer Mächtigkeit als M sein kann, ist ohne weiteres einzusehen. Also hat T höhere Mächtigkeit als M , w. z. b. w.

Diese Beweisführung ist sehr bemerkenswert, da hier durch möglichst einfache und abstrakte Mittel dargelegt wird, dass es überhaupt Mengen giebt, welche nicht abzählbar sind.

Nun sei wieder M abzählbar $= A$. Das Continuumproblem ist mit folgender Frage identisch: giebt es irgend eine aus Teilmengen von A bestehende Menge Z , welche einerseits nicht-abzählbar ist, andererseits kleinere Mächtigkeit als T hat. Wenn wir der Kürze wegen eine solche Menge Z als *Zwischenmenge* bezeichnen, wird also die Frage: giebt es eine Zwischenmenge, oder nicht? — Wenn die Frage zu bejahen ist, liegt natürlich die Möglichkeit vor, dass Zwischenmengen verschiedener Mächtigkeiten vorhanden sind, unter denen jedenfalls diejenigen von kleinster Mächtigkeit mit der zweiten Cantor'schen Zahlenklasse äquivalent sind.

¹ Man sehe etwa F. HAUSDORFF, Grundzüge der Mengenlehre (Leipzig 1914), p. 56.

Unsere Frage, ob das Continuumproblem mit endlichen Mitteln lösbar sei, zerfällt nun in die folgenden zwei:

- A) Lässt es sich mit endlichen Mitteln zeigen, dass es Zwischenmengen giebt?
- B) Lässt es sich mit endlichen Mitteln nachweisen, dass keine Zwischenmengen existieren?

Selbstverständlich können nicht beide Fragen zu bejahen sein; aber eventuell beide zu verneinen.

3. Wenn eine definitive Entscheidung dieser Fragen überhaupt möglich ist, setzt sie ohne Zweifel voraus, dass man die Methodik der Mengenlehre ausführlicher untersucht, als hier in Frage kommen kann. Aber ich will es doch versuchen, die Sache durch Hervorhebung gewisser Hauptpunkte zu beleuchten.

Die ersten Begriffe der Mengenlehre sind: Menge, Elemente einer Menge, ein Element, mehrere Elemente, alle Elemente, Teilmenge.

Diese Begriffe enthalten *in nuce* solche Begriffe wie: die Menge, deren Elemente alle Teilmengen einer gegebenen Menge M sind (kurz: die Menge aller Teilmengen von M). Das ist eine unzweideutig bestimmte Menge, sobald M bestimmt ist. Andererseits ist es nur ein Spezialfall des allgemeineren Begriffes einer aus M »hergeleiteten« Menge. Hinsichtlich einer exakten Definition dieses allgemeineren Begriffes gestatte ich mir auf eine von mir vorher publizierte Arbeit hinzuweisen¹.

Wenn mehrere Mengen als gegeben vorausgesetzt werden, kommen noch hinzu Begriffe wie: Summe Durchschnitt, Produkt, Belegung, Potenz. Aber alle Begriffe, welche *ohne Benutzung des Begriffes Korrespondenz* erreicht werden können, bilden eine scharf abgegrenzte Klasse. Man könnte dieselbe als die Begriffe *erster Stufe* bezeichnen; und wir werden gegenwärtig diesen Namen benutzen.

Mit den Begriffen Äquivalenz und Mächtigkeit kommt etwas wesentlich neues hinzu — was jedoch nicht so zu verstehen ist, dass ein ganz neuer Grundbegriff (= undefinierbarer Begriff) eingeführt wird. Zwei Mengen M und N sind äquivalent (haben dieselbe Mächtigkeit), wenn es irgend eine dritte Menge P giebt, deren Elemente aus einem M -Elemente und einem N -Elemente bestehen, und dies so, dass jedes Element aus M bez. N in einem aber nur einem P -Elemente eingeht. Zusammenhörende Elemente von M und N heissen auch »mit einander korrespondierend« oder »einander entsprechend«. Wie man mit Ausgangspunkt von dem Äquivalenzbegriffe zum Begriffe von grösserer oder kleinerer Mächtigkeit kommt, ist ja sehr bekannt und soll hier nicht entwickelt werden; auch nicht, wie die Begriffe endlich und unendlich mit dem Mächtigkeitsbegriffe zusammenhängen (obgleich hierüber gewisse Bemerkungen nicht ganz unnützlich sein könnten). Die Hauptsache ist: der Mächtigkeitsbegriff gründet sich auf der *Möglichkeit* (bez. Unmöglichkeit) ein-ein-deutiger Beziehungen. Wenn man nun bei dieser nackten Möglich-

¹ Über reducible und irreducible Mengen, Nyt Tidsskrift for Mathematik (Kopenhagen) Jahrg. 27, p. 28.

keiten stehen bleibt¹, so können die zugänglichen Begriffe, welche über die erste Stufe hinausgehen, als *reine Mächtigkeitsbegriffe* bezeichnet werden. Hier haben wir wieder ein scharf abgegrenztes Gebiet: die erste Stufe *plus* reine Mächtigkeitsbegriffe (welche natürlich auch Begriffe erster Stufe in sich enthalten können und sogar müssen). Alle Begriffe aber, welche zu diesem Gebiete *nicht* gehören, können *ordnungsgefärbte Begriffe* (oder kurz: Ordnungsbegriffe) genannt werden, da sie auf irgend einem Punkte eine näher bestimmte Korrespondenz, also kurz eine *Anordnung* enthalten müssen¹.

Hieran schliesst sich der Begriff: *Individualisierung* der Elemente einer Menge. Dieselbe — d. h. die Art der Definition der einzelnen Elemente — kann in mehreren Hinsichten auf verschiedene Weisen eingerichtet sein. Aber immer muss irgend eine *Anordnung* vorausgesetzt werden.

Mit der Individualisierung hängt nahe das zusammen, was man *explicite Darstellung einer Correspondenz* nennen kann. Eine im eigentlichsten Sinne explicite Konstruktion einer (1, 1)-deutigen Korrespondenz zwischen zwei äquivalenten Mengen setzt als notwendige Bedingung voraus, dass die Elemente beider Mengen individualisierbar sind — also, wenn nur endliche Mittel in Frage kommen, dass beide Mengen abzählbar sind (s. oben). Man kann aber auch von einer *halbexpliciten* oder *bedingt expliciten* Darstellung sprechen, nämlich im folgenden Sinne: unter der *Voraussetzung*, dass ein Element der Menge M_1 definiert (individualisiert) ist, lässt sich der Übergang zum entsprechenden Elemente in M_2 ausführen. Beispiel hiervon: der erste Cantor'sche Beweis für die Äquivalenz eines geraden Linienstücks und eines Quadraten. Hier wird vorausgesetzt, dass ein Element des linearen Systems durch einen bestimmten Kettenbruch definiert ist, und dann wird gezeigt, wie man durch endliche Mittel ein bestimmtes Paar von Kettenbrüchen und damit einen bestimmten Punkt des Quadraten erhalten kann, und umgekehrt. Die Korrespondenz *wäre* also vollständig explicit, falls man Möglichkeit hätte, alle Kettenbrüche, d. h. alle reelle Zahlen zu individualisieren, was ja aber nicht mit endlichen Mitteln erreichbar ist.

4. Es sei nun angenommen, dass irgend eine *reine Mächtigkeitsfrage* vorgelegt sei, d. h. eine Frage über Mächtigkeiten, welche *als solche nicht über das Gebiet der reinen Mächtigkeitsbegriffe hinausgeht* (also keine Ordnungsbegriffe voraussetzt). Es ist dann nicht ausgeschlossen, dass eine Entscheidung ohne Heranziehung von Ordnungsbegriffen erreicht werden kann. Ein Beispiel hiervon liefert der oben angeführte Beweis des Satzes, dass die Menge aller Teilmengen einer beliebigen Menge M höhere Mächtigkeit als M hat. Ein anderes Beispiel giebt der Satz, dass wenn M mit einer ihrer Teilmengen N äquivalent ist, eine andere Teilmenge R , welche ihrerseits N als Teilmenge enthält, ebenfalls mit M äquivalent ist (worauf ja der

¹ Und hierzu gehört auch die nackte Möglichkeit irgend einer Art von mehrdeutiger Korrespondenzen, da dieselben sich immer auf eindeutige zurückführen lassen.

sogenannte »Hauptsatz« sich zurückführen lässt). Man betrachte den bekannten BERNSTEIN'schen Beweis dieses Satzes oder noch lieber die von ZERMELO gegebene Modifikation dieses Beweises.

Aber die Möglichkeiten sind hierbei offenbar sehr beschränkt. Ohne Anwendung von Ordnungsbegriffen kommt man überhaupt nicht weit, auch bei Fragen, welche als solche keine Ordnungsbegriffe voraussetzen. Dies beruht darauf, dass die blossen *Möglichkeit* (bez. *Unmöglichkeit*) einer $(1, 1)$ -deutigen Beziehung als Ausgangspunkt für Schlussfolgerungen zu wenig ergiebig ist. Es kann lehrreich sein, den folgenden ebenso einfachen wie fundamentalen Fall ins Auge zu fassen. Ist die Summe zweier abzählbarer (und teilerfremder) Mengen A und B abzählbar, oder nicht? Bekanntlich ist sie abzählbar. Man versuche es aber, dies ohne Einführung irgend einer Anordnung zu beweisen. Es wird kaum gelingen. (Freilich kann man einen Beweis folgendermassen formulieren: es seien C und D zwei unendliche komplementäre Teilmengen von B ; dann ist, da C und D abzählbar sind, $A + B$ mit $C + D$, d. h. mit B äquivalent, w. z. b. w. Aber hier wird die Möglichkeit vorausgesetzt, B in zwei unendliche Komplementärmengen zu zerlegen, und dass diese Möglichkeit wirklich vorliegt, ist nur eine andere Form des zu beweisenden Satzes.)

5. Es sei nun ganz allgemein angenommen, dass es sich darum handle, die *Äquivalenz* zweier Mengen zu beweisen, welche *ohne irgend eine Ordnungsbegriffe* definiert sind. In Bezug auf die mögliche Einrichtung eines solchen Beweises sind in erster Hand folgende zwei Hauptfälle zu unterscheiden. A) Man stellt eine *explicite* oder *halbexplicite* $(1, 1)$ -deutige Korrespondenz dar; B) Man erbringt einen Beweis ohne eine solche Korrespondenz zu konstruieren. Die Möglichkeit der letztgenannten Art von Beweisen beruht auf gewissen axiomatischen oder unmittelbar in Definitionen liegenden Sätzen, zu denen jedenfalls die folgenden zwei gehören. Erstens: die Summe von mehreren teilerfremden Mengen ist mit der Summe anderer derartiger Mengen äquivalent, wenn die Mengen der beiden Systeme paarweise äquivalent sind. Und zweitens: wenn es bewiesen werden kann, dass eine Teilmenge T einer Menge M nicht kleinere Mächtigkeit als M haben kann, so folgt, dass T und M äquivalent sind (da die Mächtigkeit von T nicht grösser als diejenige von M sein kann). Im Falle B) sind nun wiederum zwei verschiedene Möglichkeiten zu unterscheiden: B) 1) Man benutzt nur reine Mächtigkeitsbegriffe; B) 2) Man führt Ordnungsbegriffe ein, ohne darauf eine *explicite* Korrespondenzdarstellung zu gründen (etwa so, dass man allgemeine Sätze benutzt, welche nicht ohne Ordnungsbegriffe bewiesen werden können). In welcher Ausdehnung es gelten kann, dass bei Unmöglichkeit eines Beweis der Art B) 1) ein Beweis vom Typus B) 2) möglich ist, ist eine Frage, welche ich für eine andere Gelegenheit erspare.

Ein Beweis, dass zwei Mengen *nicht äquivalent* sind, muss immer in indirekter Form darstellbar sein: man nimmt Äquivalenz ein und weist nach, dass dies auf einen Widerspruch führt. Aber auch hier sind zwei verschiedene Hauptformen zu unterscheiden: A) Man zeigt, dass wenn eine $(1, 1)$ -deutige Zuordnung vorausgesetzt

wird, ein Element der einen Menge individualisiert werden kann, welches mit keinem Elemente der anderen korrespondiert (und dass somit, zufolge der Annahme, dieses Element zugleich zur erstgenannten Menge gehört und nicht gehört); B) Man bringt ohne eine derartige Individualisierung einen Widerspruch an den Tag. Zu bemerken ist hierbei, dass ein hier in Frage kommender Widerspruch ohne Zweifel immer in letzter Hand darauf reduzierbar ist, dass ein gewisser Gegenstand sowohl Element als Nicht-Element in einer gewissen Menge wäre. Auch hier hat man ferner bei B zwei Unterfälle zu trennen: B) 1) Man bleibt bei den reinen Mächtigkeitsbegriffen stehen; B) 2) Man benutzt Ordnungsbegriffe (ohne dabei zu einem Beweise der Art B zu kommen).

6. Nach diesen allgemeinen Bemerkungen kehren wir jetzt zum Continuumproblem zurück. Zuerst ist dann zu bemerken, dass es sich hier nicht direkt darum handelt, über die Äquivalenz bez. Nicht-Äquivalenz zweier gegebener Mengen zu entscheiden. Es gilt die Existenz oder Nicht-Existenz einer »Zwischenmenge« Z . Eine Entscheidung erfordert aber, dass man die Menge T mit irgend einer näher bestimmten Teilmenge von T in Bezug auf die Mächtigkeit vergleicht.

Nun können wir uns zunächst denken, dass man versuchen will, die Frage *ohne alle fremdartigen Hilfsmittel* zu behandeln. Das heisst, näher präzisiert: man bleibe innerhalb des Gebietes, welches aus der gegebenen abzählbaren Menge A und die daraus »hergeleiteten« (s. oben) bestimmt ist.

Es ist nicht daran zu denken, ohne Benutzung von Ordnungsbegriffen etwas zu gewinnen. Es reichen die Begriffe erster Stufe und die reinen Mächtigkeitsbegriffe nicht aus, um eine Menge Z wirklich zu konstruieren. Freilich kann man mit Anwendung von lauter solchen Begriffen einige Mengendefinitionen bilden, wie die folgenden: die Menge aller Teilmengen eines T -Elementes E oder aller endlichen Teilmengen von E ; oder die Menge aller T -Elemente F , welche mit einem gegebenen E eine endliche Menge von A -Elementen gemeinsam haben; oder die Menge aller Teilmengen von T etc. Aber alle derartigen Mengen sind entweder abzählbar oder haben die Mächtigkeit von T oder höhere Mächtigkeit.

Also: es müssen Ordnungsbegriffe benutzt werden. Man kann die Sache ein wenig vereinfachen, indem man T durch die Menge V ersetzt, welche aus allen *unendlichen* Teilmengen von A besteht, deren Komplementärmengen ebenfalls unendlich sind, womit natürlich eine entsprechende Modifikation der hypothetischen Menge Z folgt. Bekanntlich ist V mit T äquivalent.

Die zwischen zwei V -Elementen möglichen Relationen werden durch folgende Aufzählung erschöpft: 1) Zwei Elemente E und F haben immer dieselbe Mächtigkeit, da beide abzählbar unendlich sind; 2) Die Summe $E + F$ kann $= V$ sein oder ein endliches oder unendliches Komplement haben; 3) E und F können teilerfremd sein oder nicht, und im letzteren Falle kann der Durchschnitt endlich oder unendlich sein (speziell kann die eine Teilmenge der anderen sein). Man dürfte ohne Weiteres einräumen, dass diese Relationen keinen Ausgangspunkt geben für eine

Anordnung, welche uns helfen könnte (und ähnliches gilt, wenn man bei T stehen bleibt, anstatt V einzuführen). Es ist offenbar notwendig, schon bei A eine Anordnung vorauszusetzen.

Wir denken uns dann zuerst, dass man eine *Wohlordnung* wählt. Da A abzählbar ist, bedeutet das: wir denken uns A *abgezählt*. Dies gesetzt, kann man daran denken, eine wohlgeordnete, nicht-abzählbare Teilmenge P von V zu bilden.

Nun setzen wir *pro primo* voraus, dass man es versuchen will, einen Beweis dafür zu finden, dass eine »Zwischenmenge« Z *nicht* existiert (Fall B p. 8), also einen Beweis für die Richtigkeit der bekannten Cantor'schen Hypothese. Es gilt dann, eine Menge P von der Mächtigkeit Aleph-Eins (= Mächt. d. zweiten Zahlenklasse) zu konstruieren und nachher zu zeigen, dass P und V äquivalent sind. Wir kommen also auf die oben berührten Versuche zurück, innerhalb einer Menge von der Mächtigkeit des Continuum eine Teilmenge von Mächtigkeit Aleph-Eins durch transfinite Induktion zu definieren. Nach dem oben gesagten muss eine solche Definition immer defekt — nur »halbfertig«, wenn man so sagen will — bleiben, so lange man auf endliche Mittel hingewiesen ist. Auch bei der Menge V ist es so, dass nicht alle Elemente mit endlichen Mitteln individualisiert werden können. Aber die Menge als solche haben wir in unzweideutiger Weise definiert. Nun handelt sich aber um eine *Unbestimmtheit* in der Definition der Menge P , welche nur mit überendlichen Mitteln überwunden werden könnte. Und das endliche Hilfsmittel hier nicht ausreichen, beruht — kann man sagen — darauf, dass die Definition, der Natur der Sache gemäss, eben auf Individualisierung der Elemente gegründet sein muss.

Es stellt sich nun die Frage dar, inwieweit es denkbar ist, dass der eine oder andere der oben angegebenen Typen von Äquivalenzbeweisen im vorliegenden Falle angewandt werden könnte. Dass es unmöglich sein muss, eine (1, 1)-deutige Korrespondenz zwischen V und P explicit darzustellen, folgt unmittelbar schon aus der Unmöglichkeit, alle Elemente von V bez. P individuell zu definieren. Aber auch die »halbexplicite« Korrespondenz ist ausgeschlossen. Man kann *voraussetzen*, dass die Elemente von V sämtlich individualisiert wären, und durch irgendwelche Operationen von einem beliebigen V -Elemente zu einem neuen V -Elemente übergehen; aber eben zufolge der erwähnten Unbestimmtheit von P kann man nicht immer wissen, ob dies neue Element zu P gehört, oder nicht. Und in der entgegengesetzten Richtung, von P nach V , ist jene Unbestimmtheit offenbar ebenso verhängnissvoll. Der Beweistypus A (p. 10) kann somit nicht in Frage kommen. Man bemerke übrigens hier, dass die Voraussetzungen jetzt nicht ganz dieselben sind wie oben bei der Feststellung der verschiedenen Typen. Dort wurde nämlich angenommen, dass die zu vergleichenden Mengen ohne Benutzung von Ordnungsbegriffen definiert waren. Jetzt gilt ja dies nicht für die Menge P . Dieser Unterschied ist jedoch ohne Bedeutung, so lange es sich um Typus A handelt. Aber bei den Typen B) 1) und B) 2) bewirkt die etwas veränderte Lage eine gewisse Modifikation. In B) 1) soll es jetzt heissen, dass man keine anderen Anordnungen als die eingeführten

Wohlordnungen benutzt; in B) 2) dagegen, dass man neben den Wohlordnungen auch andere Anordnungen heranzieht. Wir betrachten zuerst die Eventualität B) 1). Ist es möglich einen weder expliziten noch halbexpliziten Äquivalenzbeweis (man kann ja kurz so sagen) zu führen, bei welchem ausser den ordnungsfreien Begriffen und Sätzen nur die Wohlordnung benutzt wird? Es ist jedenfalls für mich kaum zweifelhaft, dass die mehrerwähnte Unbestimmtheit in der Definition von P die Sache unmöglich macht. Natürlich bildet die Unbestimmtheit als solche kein unbedingtes Hinderniss. Es kann sehr wohl möglich sein, Äquivalenz zwischen zwei Mengen darzulegen, obgleich die eine oder sogar beide unbestimmt sind. Es ist z. B. so in den oben berührten Falle: wenn R Teilmenge von M , und N Teilmenge von R ist, so lässt es sich zeigen, dass bei Äquivalenz von M und N auch M und R äquivalent sind. Hier ist ja R zwischen gewissen Grenzen unbestimmt, auch wenn man voraussetzt, dass M und N gegebene und bestimmte Mengen sind. Aber solche Vorkommnisse hindern natürlich nicht, dass es Arten von Unbestimmtheiten geben kann, welche mit der Möglichkeit eines Äquivalenzbeweises (oder überhaupt einer Mächtigkeitsbestimmung) unvereinbar sind.

Wie liegen nun die Verhältnisse in unserem jetzigen Falle? Ohne irgend eine Ordnungsbegriffe konnte nichts erreicht werden. Und so führten wir zunächst Wohlordnung für A und P ein. Es war aber unmöglich, mit endlichen Mitteln ein ganz bestimmtes P zu definieren. Dass andererseits bis zu einer gewissen und übrigens nicht mit endlichen Mitteln näher bestimmmbaren Grenze die Elemente von P individuell definierbar waren, kann ohne Zweifel nicht helfen. Im wesentlichen liegt somit die Sache ganz einfach so: wir haben einerseits die Menge V , andererseits eine Menge P , welche Teilmenge von V ist, die Mächtigkeit Aleph-Eins hat und wohlgeordnet ist. Dass es aber solche Teilmengen existieren muss, ist ohne weiteres klar, weshalb eine Konstruktion wie z. B. die Hardy'sche von keinem Nutzen sein kann. Es fragt sich nun, ob es möglich wäre, mit diesem dürftigen Ausgangspunkte und ohne andere Hilfsmittel als die (ordnungsfreien) fundamentalen Mächtigkeitsätze (d. h. axiomatische oder definitions-mässige, vgl. oben) und andererseits die inneren Strukturverhältnisse einer wohlgeordneten Menge einen Beweis — sei es in direkter oder indirekter Form — für Äquivalenz zwischen V und P zu Stande zu bringen. So viel ich finden kann, ist es kaum zu kühn, wenn man annimmt, dass dies ausgeschlossen ist. Nämlich aus dem Grunde, dass die Voraussetzungen nicht hinreichende Ausgangspunkte für eine erfolgreiche Anwendung jener Fundamentalsätze darbieten. Die Möglichkeit, diese Sätze an die Voraussetzungen eines vorgelegten Problems über Mächtigkeitsverhältnisse anzuknüpfen, beruht immer auf den einen oder dem anderen von folgenden zwei Umständen, oder von beiden. Es kann von wesentlicher Bedeutung sein, dass zu den Voraussetzungen des zu beweisenden Satzes gewisse Annahmen gehören über Mächtigkeitsverhältnisse von Mengen, welche im Satze figurieren. Einfaches Beispiel: in dem oben erwähnten Hauptsatze der Mengenlehre wurde Äquivalenz von M und N angenommen, was die Anwendung des Summensatzes möglich macht. Oder es kann

entscheidende Bedeutung haben, dass man mit Mengen zu thun hat, welche innerhalb eines gewissen Gebietes ganz bestimmt sind. Das ist der Fall bei dem oben angeführten (indirekten) Beweise für die Nicht-Äquivalenz von M und T ; die Bestimmtheit von T (unter der Voraussetzung einer bestimmten Menge M) ist offenbar hier entscheidend, obgleich der Beweis weder von expliciter noch von halb-expliciter Natur ist. In unserem Falle ist ja aber P als Teilmenge von V (vom endlichen Standpunkte aus) unbestimmt; und in erstgenannten Hinsicht geben die jetzigen Voraussetzungen, so viel ich sehe, ganz zu wenig. P ist Teilmenge von V und hat die Mächtigkeit Aleph-Eins; was sollte man daran anknüpfen können? Innerhalb P kann man natürlich zufolge der Wohlordnung vieles entwickeln. Zwischen den beiden Mengen lässt sich aber mit den in Frage stehenden Mitteln schwerlich eine Brücke schlagen, wenn es sich um Gleichheit oder Ungleichheit ihrer Mächtigkeiten handelt. Deshalb wird auch die Wohlordnung von P ohne Bedeutung. Und ganz dasselbe gilt, wenn man die Wohlordnung mit irgend einer anderen Anordnung von V verbindet, sowie auch wenn man von vornherein die Wohlordnung von P durch irgend eine andere Anordnung ersetzt. Man hat also — meine ich — kaum Aussicht, den (modifizierten) Beweistypus B) 1) und ebenso wenig den (modif.) Typus B) 2) anwenden zu können.

Wir haben bisher am nächsten einen möglichen Beweis für Äquivalenz zwischen P und V von den Augen gehabt. In Bezug auf *Nicht-Äquivalenz* lassen sich ganz analoge (und teilweise sogar identische) Betrachtungen anstellen. Ich halte es für überflüssig, dieselben näher auszuführen.

Unser Resultat sollte also dies sein: eine Lösung des Continuumproblems wäre mit endlichen Mitteln nicht möglich, wenigstens ohne Herausziehung von »fremdartigen Hilfsmitteln« (s. oben).

Es fragt sich nun *pro secundo*, ob irgend eine fremdartige Mittel helfen könnten, d. h. ob es möglich wäre, etwas dadurch zu gewinnen, dass man *Hilfsmengen* zur Anwendung brachte welche *ausserhalb des Gebietes* » A und die daraus hergeleiteten Mengen« fielen. Es ist eine sehr bekannte Erscheinung, dass schwierige mathematische Probleme auf irgend einem »genialen Umwege« gelöst oder durch geeignete Erweiterung des in der Problemstellung vorausgesetzten Gebietes wesentlich erleichtert worden sind. Und der Grund dafür, dass eine Erweiterung unter Umständen auch eine Erleichterung mitführt, lässt sich wenigstens in den meisten Fällen unschwer erkennen. Aber in unserem jetzigen Falle handelt es sich nicht um leichter oder schwieriger, sondern um *möglich* oder *unmöglich*. Und ganz unabhängig von der allgemeinen Frage, inwieweit es bei mathematischen Problemen gelten kann, dass eine Gebietserweiterung für eine Lösung *nothwendig* ist (eine Frage, welche weit über die eigentliche »Mengenlehre« hinaus führt) wage ich die Ansicht auszusprechen, dass beim Continuumproblem auch keine Gebietserweiterung zu einer Lösung führen kann. Es ist eine ganz besondere Sache mit der (für menschliche Intelligenz) unüberwindlichen Unbestimmtheit der Menge P . Dass dieselbe, welche Methode man im Übrigen versuchen will, eine explicite oder halb-

explicite Behandlungsweise unmöglich macht, ist ganz gewiss; das liegt unmittelbar in der Natur der Sache. Und was die anderen Beweistypen betrifft, lässt sich — meine ich — in Bezug auf »fremdartige Mittel« ganz dasselbe sagen, was oben über die Anwendung verschiedenartiger Anordnungen innerhalb des gegebenen Gebietes gesagt wurde. Die Voraussetzungen sind, kurz gesagt, überhaupt zu dürftig, um für derartige Beweisarten hinreichende Anknüpfungspunkte liefern zu können. Und auf welchen Wegen man auch herumirren mag, um eine Lösung zu finden, wird insbesondere jene Unbestimmtheit von P immer wie ein verhängnisvoller Schatten mitfolgen. (Dass man jedoch gewisse Sätze über die Mächtigkeit des Continuum hat erreichen können, hat seine leicht ersichtlichen Gründe; vgl. etwa Schoenflies, Entwicklung der Mengenlehre, 1913, p. 223—24).

Zum Schluss nur noch folgende Bemerkungen. Es wurde p. 10 die Frage beiläufig berührt, inwieweit oder unter welchen Voraussetzungen ein Beweis der Art B) 2) möglich sein kann, obgleich der Typus B) 1) nicht anwendbar ist. Da diese Frage hier bei Seite gelassen wird, so beruht dies in keiner Weise darauf, dass ihre Beantwortung für die jetzt behandelte Frage ohne Bedeutung wäre. Vielmehr ist es augenscheinlich so, dass eben jene allgemeine Frage hier von ganz besonderer Bedeutung ist, und dass ihre Beantwortung vielleicht eine entscheidende Stütze für unsere oben ausgesprochene Ansicht über die Unlösbarkeit des Continuumproblems liefern könnte. Aber ich will dennoch, wie gesagt, ihre Behandlung für eine andere Gelegenheit ersparen. Ich hatte überhaupt nicht die Absicht, hier einen möglichst bindenden Beweis zu geben. Die Hauptsache war diesmal, meine Ansicht plausibel zu machen. Und ich werde sogar einigermaßen zufrieden sein, wenn man nur einräumen will, dass die Frage diskutiert werden kann, und dass die Unlösbarkeit nicht von vornherein als eine Absurdität zu betrachten ist.

Nachträgliche Bemerkung. Obgleich es für die behandelte Frage eigentlich ohne Bedeutung ist, will ich nachträglich ein wenig näher präzisieren, was ich oben unter dem Ausdrucke »reine Mächtigkeitsbegriffe« verstanden habe. Was darüber p. 8, 9 gesagt wurde, ist so zu verstehen, dass es möglich sein soll, die Begriffe als solche auf die Möglichkeit bez. Unmöglichkeit (1, 1)-deutiger Beziehungen zu gründen. Es wird hierbei davon abgesehen, ob auch die Realisierbarkeit, d. h. die widerspruchsfreie Natur solcher Begriffe ohne andere Hilfsmittel dargelegt werden kann. Zu den reinen Mächtigkeitsbegriffen wurde also z. B. auch die Abzählbarkeit gerechnet, da dieselbe so definiert werden kann: eine unendliche Menge ist abzählbar, wenn es keine unendlichen Mengen giebt, welche kleinere Mächtigkeit haben. Wie man zeigen soll, dass es bei unendlichen Mengen wirklich eine kleinste Mächtigkeit giebt, wird eine Frage für sich.

DEN FORNTIDA UTBREDNINGEN AF KÄRRSKÖLDPADDAN

EMYS ORBICULARIS (LIN.)

I SVERIGE, DANMARK OCH ANGRÄNSANDE LÄNDER

MIT EINER ZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCHER SPRACHE

AF

C. KURCK

MED 1 KARTA SAMT 1 FIGUR OCH 2 KARTOR I TEXTEN

(Från Zoologiska institutionen i Lund)

LUND

C. W. K. GLEERUP

LEIPZIG

OTTO HARRASSOWITZ

Föredragen i K. Fysiografiska Sällskapet den 11 April 1917.

LUND 1917
HÅKAN OHLSSONS BOKTRYCKERI

FÖRORD.

Utöfver hvad titeln å föreliggande arbete angifver, lämnas i det följande en utförligare beskrifning af de i Skåne och på Seland belägna torfmossar, hvilka af mig närmare undersökts i anledning af där funna lämningar af fossil kärrsköldpadda. Dessa undersökningar ha haft till mål att med ledning af de omständigheter, under hvilka fynden gjorts, söka besvara flera, i sammanhang med artens forntida förekomst i Sverige och Danmark stående, hittills föga utredda frågor. Hvad särskildt beträffar undersökningarna af de skånska torfmossarna, ha de utförts tid efter annan under en lång följd af år. I de flesta fall ha de varit föranledda af de jämförelsevis talrika fynd, rörande hvilka meddelanden lämnats torfmosskommissionen i Lund under de tio sistförflutna år, denna varit i verksamhet. Då emellertid de i berörda afseende viktigaste fynden, hvilka föreligga från Danmark, datera sig från aldra sista tiden, har jag först nu kunnat framlägga något resultat af ifrågavarande undersökningar.

I sammanhang med kärrsköldpaddans forntida utbredning inom de ofvan angifna länderna har jag ansett mig böra lämna en allmän öfversikt af hennes nuvarande utbredning och i samband därmed särskildt mera detaljeradt redogöra för hennes förekomst inom de till utbredningsområdets nordligaste del hörande, på andra sidan Östersjön belägna grannländerna. Då de frågor, som komma att afhandlas i det följande, nära sammanhånga med sköldpaddans nuvarande lefnadsförhållanden, torde det äfven vara på sin plats att närmare beskrifva dessa och särskildt hennes fortplantningshistoria, hvilken ännu ej torde vara fullkomligt utredd. Likaledes synes det mig lämpligt att i öfversikten af artens forntida utbredning inom de områden, hvarom här är fråga, äfven medtaga de jämförelsevis få fynd för fossil kärrsköldpadda, hvilka föreligga från nordvästra Europa.

Då jag vid insamlandet af de uppgifter, som ligga till grund för de i det följande angifna fyndorterna för fossil kärrsköldpadda, haft att glädja mig åt ett välvilligt tillmötesgående från många håll, är det mig en kär plikt att till alla dem, hvilka vare sig genom värdefulla upplysningar eller på annat sätt understött mitt arbete, uttala ett hjärtligt tack. Bland dem, till hvilka jag särskildt stannar i tacksam förbindelse, ber jag att få nämna prof. HANS WALLENGREN i Lund, som haft vänligheten att icke allenast ställa till mitt förfogande den i därvarande zoologiska museum förvarade äldre samlingen af fossila sköldpaddlämningar från Skåne utan

därtill lämnat mig fri disposition öfver samtliga nya fynd, rörande hvilka meddelanden inkommit till torfmosskommissionen. Äfven har jag att tacka intendenten H. E. LARSSON, genom hvars välvilja tillfälle beredts mig att genomgå den i Malmö museums ägo befintliga, likaledes från Skåne härrörande sköldpaddsamlingen. Vidare står jag i stor tacksamhetsskuld till inspektör HERLUF WINGE i Köpenhamn, som med vanligt tillmötesgående meddelat mig samtliga danska fyndorter för fossil kärrsköldpadda, från hvilka exemplar förvaras i Köpenhamns zoologiska museum, och därjämte lämnat många och viktiga upplysningar om fynden. Likaledes är jag föreståndaren för Langelands museum hr J. WINTHER mycket tacksam för delgifvandet af flera nya fyndplatser från denna ö.

De anförda uppgifterna om fyndorterna för fossil kärrsköldpadda från Tyskland och nordvästra Europa grunda sig hufvudsakligast på de meddelanden, som benäget lämnats af respektive föreståndare för de institutioner, till hvilka jag vändt mig med förfrågningar. Bland de många, hvilka jag har att tacka för upplysningar såväl i nämnda afseende som beträffande artens recenta utbredning, får jag särskildt nämna prof. EW. WÜST i Kiel och därjämte prof. JOH. BÖHM Berlin, prof. J. H. BONNEMA Groningen, prof. M. BOULE Paris, prof. K. BRANDT Kiel, prof. M. BRAUN Königsberg, prof. H. CONWENTZ Berlin, prof. W. DEECKE Freiburg i. B., dr F. DREVERMANN Frankfurt a. M., prof. EUG. DUBOIS Haarlem, prof. F. FRECH Breslau, prof. AD. FRITZE Hannover, prof. E. GEINITZ Rostock, prof. E. KAYSER Marburg i H., prof. K. LAMPERT Stuttgart, prof. G. J. PFEFFER Hamburg, prof. H. ROEDEL Frankfurt a. O., dr W. SCHORCHT Gotha, prof. C. SCHULZ Posen, prof. H. STILLE Göttingen, prof. C. A. WEBER Bremen och dr W. WOLTERSTORFF Magdeburg.

Bland dem, som för öfrigt lämnat sin medverkan till detta arbete, får jag med tacksamhet nämna dels prof. G. LAGERHEIM, som välvilligt undersökt väl ett hundratal torf- och gyttjeprof med hänsyn till däri inneslutna alger, pollen m. m., dels docent S. BENGTSSON, som godhetsfullt åtagit sig det likaledes mödosamma arbetet att bestämma de talrika i regeln illa bevarade skalbagglämningar. Vidare stannar jag i tacksam förbindelse till dr GUNNAR ALM för benäget utförd bestämning af ostrakoderna liksom till docent O. HOLMQVIST, som haft vänligheten bestämma åtskilliga vertebratlämningar. Likaledes har jag att tacka dr A. C. JOHANSEN i Köpenhamn, hvars stora sakkännedom jag haft förmånen kunna räkna mig till godo vid bestämningen af vissa kritiska mollusker. Slutligen får jag framföra ett varmt tack såväl till prof. GUNNAR ANDERSSON, som ombesörjt ritningen af kartorna m. m., som till prof. HJALMAR NILSSON, som varit mig behjälplig med korrekturläsningen.

Emys orbicularis (LIN.)

Testudo orbicularis LINNÉ, Syst. nat. ed. 10, vol. 1, p. 198 (1758).

Testudo europaea SCHNEIDER, Naturg. d. Schildkr. p. 323 (1783).

Testudo lutaria SCHNEIDER, loc. cit. p. 338 (1783).

Emys lutaria SCHWEIGGER, Prodr. monogr. Chelon. p. 35 (1814).

Emys europaea SCHWEIGGER, loc. cit. p. 36 (1814).

Cistudo europaea GRAY, Syn. Rept. p. 19 (1831).

Emys turfa H. VON MEYER, N. Jahrb. f. Min. 1835, p. 67.

Cistudo lutaria STRAUCH, Erp. Alg. p. 17 (1862).

Emys orbicularis BLANFORD, Zool. E. Persia, p. 308 (1876).

Nuvarande utbredning.

Kärrensköldpaddan har vidsträckt utbredning i södra och sydöstra Europa, under det hon blir allt sällsyntare eller alldeles saknas i denna världsdels norra och nordvästra delar. Enligt DÜRIGEN (s. 17—29), hvars uppgifter hufvudsakligast ligga till grund för här nedan lämnade öfversikt af hennes utbredning, förekommer hon sålunda å Pyreneiska halfön, i Frankrike till mellan 46°—47° nordl. br., på Sardinien, Sicilien m. fl. öar i Medelhafvet samt så godt som öfverallt å Italiens fastland. Härifrån kan sköldpaddan följas genom Illyriska kustlandet, södra delen af Krain, Kroatien—Slavonien och därifrån vidare såväl till Balkanstaterna, Grekland och europeiska Turkiet som till Ungern, Siebenbürgen, Bukowina och Galizien. Från sistnämnda land utbreder hon sig dels mot NV till preussiska Schlesien och därifrån inom Oders flodområde till Posen, Brandenburg och Mecklenburg, dels norrut till Polen, Väst- och Ostpreussen, Litthauen (och Kurland?). Enligt DÜRIGEN torde nordgränsen för sköldpaddans utbredning i europeiska Ryssland öfverallt kunna förläggas mellan 52°—53° nordl. br. utom i den västra delen, hvarest den ganska hastigt höjer sig, och där den nordligaste, af von Löwis (s. 2) angifna fyndorten är belägen inom ett isoleradt område i Kurland, vid 57° 20'. Först i asiatiska Ryssland sänker sig artens allmänna nordgräns. Den östligaste punkt, å hvilken sköldpaddan här iakttagits, är enligt STRAUCH (s. 56) belägen Ö om Aralsjön vid Syr-

Darja å omkr. 45° nordl. br. och vid pass 82° Ö om Ferro. Efter hvad EICHWALD (1841, s. 58) uppgifver, träffas arten likaledes i de till Kaukasusländerna gränsande delarna af Persien, hvarifrån den enligt WERNER (s. 1110) utbreder sig till Mindre Asien. Enligt EICHWALD (1851, s. 416) skall sköldpaddan äfven finnas i Algeriet och Tunis, men hennes förekomst såväl där som annorstädes i Afrika anses af DÜRIGEN vara tvifvelaktig. För öfrigt föreligga enstaka fynd af arten från flera här ofvan ej angifna länder, såsom ärkehertigdömet Österrike, Böhmen, Mähren och Schweiz liksom från Sachsen, Bayern m. fl. delar af Tyskland. Beträffande samtliga dessa fynd antager DÜRIGEN, att de anträffade exemplaren i regel varit sådana som, infångade annorstädes, tillfälligtvis utkommit eller afsiktligt utsläppts, äfven om det för åtskilliga fynds vidkommande synes vara ganska sannolikt, att individen i fråga kunnat vara afkomlingar af dylika i frihet försatta exemplar, som fortplantat sig. Den senare förklaringsgrunden skulle man möjligen också kunna antaga därtill, att sköldpaddan i senare tid anträffats dels, efter hvad CONWENTZ (s. 14) uppgifver, i Westfalen, Rhenprovinsen m. fl. delar af västra Tyskland, dels enligt SCHMITZ (s. 104—106) i Holland (Limburg). Hvad åter beträffar artens påvisade förekomst i Hannover, torde den väl, såsom LÖNS (s. 114) håller för sannolikt, vara mera tillfällig. Detsamma gäller säkerligen också för de af GREVÉ (1888, s. 54—55) från trakten af Moskwa anförda sköldpaddfynden, om det också, såsom samme författare framhåller, ingalunda hör till ovanligheten, att utkomna exemplar där öfvervintra i det fria, i likhet med hvad STRAUCH (s. 54) och v. FISCHER (s. 324) funnit förhållandet vara i St Petersburgs omgifningar.

Såsom den i slutet bifogade kartan visar, skulle kärrsköldpaddan sålunda saknas i norra Ryssland, Sverige, Norge, Danmark, Storbrittanien och Irland, norra Frankrike, Belgien, Holland, i Tyskland öfverallt väster om Elbe och därjämte i Sachsen, den sydligare delen af Brandenburg (Niederlausitz) och Schleswig-Holstein, vidare i samtliga till Österrike hörande, norr om Sau belägna tyska arfländer (med undantag af Mähren?) samt i västra delen af Ungern. I Schweiz är sköldpaddan visserligen anträffad flerstädes, men huruvida arten fortlefvat i detta land alltsedan påbyggnadstiden, då den, såsom RÜTIMEYER (s. 114) påvisat, där förefanns, eller om de funna exemplaren uteslutande härröra från i senare tid utsläppta eller tillfälligtvis utkomna individ, därom äro meningarna ganska delade.

Den nordligaste delen af kärrsköldpaddans nuvarande utbredningsområde skulle enligt DÜRIGEN omfatta norra och mellersta Brandenburg, de Ö och N därom belägna, den preussiska monarkien tillhörande provinserna och Mecklenburg samt Polen, Litthauen och Kurland. Hvad särskildt beträffar hennes förekomst i nämnda delar af Nordtyskland, antaga åtskilliga författare såsom STRUCK, CONWENTZ, KNAUER m. fl., att arten där fortlefvat allt ifrån det postglaciala tidsskede, då den, efter hvad fossila fynd angifva, redan fanns därstädes. Det torde emellertid vara svårt att i så fall förklara orsaken till, att sköldpaddan, som i postglacial tid också lefvat såväl i mellersta som södra Tyskland men där allestädes utdött, kunnat bibehålla sig i landets nordligaste, med hänsyn till klimatet jämförelsevis mindre gynnsamma delar.

Att hon ej fortlevver i mellersta och södra Tyskland, är så mycket mera förvånande som, efter hvad DÜRIGEN (s. 650) framhåller, man där flerstädes kunnat iakttaga exemplar, hvilka med all sannolikhet härröra från utslupna individ, som fortplantat sig, något som tyckes angifva, att för närvarande hinder ej förefinnes för artens spridning inom det forna utbredningsområdet. Då därtill kommer, att man ej kunnat påvisa, att den postglaciala klimatförsämringen där efterföljts af en klimatiförbättring, hvari skulle kunna sökas förklaringsgrunden till nämnda nu rådande, för sköldpaddan gynnsamma förhållanden, vill det synas, som hade hennes utdöende inom ifrågavarande landsdelar ej stått i något direkt samband med klimatet, utan vore att tillskrifva andra orsaker. Hvilka dessa varit, torde för närvarande ej kunna afgöras. Huru härmed än må förhålla sig, är det väl ganska antagligt, att det för sköldpaddans kvarlevande i Nordtyskland varit af stor vikt, att hennes utbredningsområde därstädes haft mer eller mindre direkt vattenförbindelse med det stora utbredningsområdet i Ö och S, hvarifrån en fortsatt invandring af arten alltjämt kunnat försiggå. Annorlunda ställer sig förhållandena i mellersta och södra Tyskland. Sköldpaddans forna utbredningsområde därstädes (Baden, Hessen-Nassau m. fl. landsdelar) står nämligen ej genom gemensamma vattendrag i förbindelse med artens nuvarande utbredningsområde i N och är därtill såväl i Ö som S afstängdt genom större eller mindre bergstrakter.

De äldsta underrättelserna rörande kärrsköldpaddans förekomst i Nordtyskland torde datera sig från 1603, vid hvilken tid arten enligt SCHWENCKFELD (s. 165) fanns i Schlesien. Från de öfriga intill Polen gränsande provinserna anföres den däremot ej förrän under närmast påföljande århundrade. Sålunda omnämnes sköldpaddan 1765 från Westpreussen af WULFF (s. 3), 1781 från Posen af BERNOULLI (s. 240) och 1784 från Ostpreussen af BOCK (s. 468). I Brandenburg är hon påvisad redan 1751 af BEKMANN (s. 585), men rörande hennes förekomst i Pommern har det ej lyckats mig att finna någon äldre uppgift än den, som lämnats 1871 af HOLLAND (s. 94). Från Hannover anföres arten 1767 af signaturen J. A. D. D. (s. 56), från Mecklenburg först 1795 af SIEMSEN (s. 322). På indirekt väg har man emellertid trott sig kunna konstatera, att sköldpaddan lefvat i Nordtyskland mycket längre tillbaka i tiden. Såsom stöd för denna förmodan anför CONWENTZ (s. 3, 7, 11, 13) åtskilliga af det polska Żółw (= sköldpadda) eller det därmed liktydiga fornvendiska Želwja härledda gamla »Flurnamen», som ännu förekomma såväl i Posen och Westpreussen som i Brandenburg. Från Posen har samme författare sig bekant ett och annat sådant, som kan följas ända till 1300-talet. Ett dylikt, i nämnda afseende upplysande »Flurname», Schildpoggen-Bruch, är också, efter hvad KRAUSE (1887, s. 222) uppgifver, känt från Mecklenburg.

Af åtskilliga historiska data framgår, att sköldpaddan fordom varit vida allmänare i Tyskland, än hvad för närvarande är fallet. Så t. ex. anför BEKMANN (anf. st.), att arten vid midten af 1700-talet var så talrik i mellersta och norra Brandenburg, att man därifrån kunde sända sköldpaddor lassvis till Schlesien och Böhmen för att af därvarande katoliker användas till födoämne under fastan.

Efter hvad BERNOULLI (s. 241) uppgifver, förefanns arten ej mindre rikligt i Posen, hvarifrån dylika försändelser likaledes ägde rum till Böhmen. Än vidare skall sköldpaddan enligt STRUCKS (1877, s. 96) utsago ännu långt in på 1800-talet hafva varit så allmän i sydöstra delen af Mecklenburg-Strelitz, att man under loppet af en del år där infångat hundratals exemplar. Samtliga författare, som studerat sköldpaddans utbredning i Nordtyskland, öfverensstämma däri, att arten numera allestädes är i aftagande. Redan 1783 anmärker SCHNEIDER (s. 193), att så var förhållandet i Brandenburg, hvilken omständighet han tillskrifver torrläggningen af de talrika kärrmarkerna. Häri har man tydligen äfven en förklaringsgrund till, att sköldpaddan desslikes minskats inom öfriga anförda delar af Nordtyskland, hvartill säkerligen också, såsom åtskilliga författare framhålla, kanaliseringen af därvarande vattendrag i någon mån torde hafva bidragit. Men tydligen ha flera andra orsaker också medverkat, såsom t. ex. i vissa trakter sköldpaddans användning till födoämne, fastän denna ingalunda kan hafva spelat en så betydande roll som i Böhmen, där den enligt PRACHS uppgift varit egentliga anledningen till artens fullkomliga utrotande. Likväl torde, såsom CONWENTZ (s. 16) på grund af åtskilliga förhållanden anser sannolikt, själfva hufvudorsaken till artens minskning eller försvinnande, särskildt inom de nordligaste delarna af utbredningsområdet, väl snarast vara den, att existensvillkoren för arten icke längre äro gynnsamma.

Ehuru sköldpaddan ej är allmän någonstädes inom ifrågavarande delar af Nordtyskland (utom möjligen i vissa trakter af Posen och Schlesien), gifves det likväl därstädes åtskilliga större och mindre områden, där hon iakttagits jämförelsevis ganska ofta. Till de nordligaste af dessa områden äro att räkna: sydöstra delen af Mecklenburg jämte närmast därintill liggande trakter af Uckermark, vidare sydöstligaste delen af Hinterpommern (kr. Dramburg) med närmast angränsande delar af Neumark och Västpreussen (kr. Deutsch-Krone), samt därjämte i Westpreussen enligt LÜHE (1909, s. 349) tvenne på hvar sin sida om Weichsel belägna, från hvarandra skilda komplex, af hvilka det östra, som från provinsens sydöstra del äfven sträcker sig in i södra delen af Ostpreussen, är det största. Det är tydligen företrädesvis i nämnda, på sjöar och andra vattensamlingar rika landsdelar, man skulle hafva anledning förmoda, att arten förekommer såsom relikt d. v. s. ännu är fullkomligt vild, men åtskilliga omständigheter antyda, att förhållandet säkerligen är detsamma å många af de spridda fyndorter, som äro belägna utanför dessa, i allmänhet föga skarpt begränsade områden. Äfven om man fasthåller vid det faktum, att sköldpaddan förekommer ursprungligen vild inom sitt utbredningsområde i Nordtyskland, kan emellertid å andra sidan ej bestridas, att äfven människan, där liksom annorstädes, mer eller mindre direkt bidragit till artens spridning. I sistnämnda omständighet har man till och med trott sig hafva enda förklaringsgrunden till sköldpaddans förekomst å ett större antal inom utbredningsområdets nordligaste delar belägna, isolerade fyndorter. I all synnerhet gäller detta åtskilliga utmed Östersjön liggande städer och deras omgifningar, där man redan på grund af nu rådande lokala förhållanden ej gärna kan vänta sig, att arten alltjämt fortlevat.

Sålunda är väl ganska sannolikt, att de exemplar af sköldpaddan, hvilka, enligt uppgift, som lämnats mig af framl. prof., fräul. J. MESTORF i Kiel, äro funna i närheten af denna stad liksom på ett par andra ställen i Holstein, uteslutande varit sådana, som hållits fångna och på ett eller annat sätt kommit ut i det fria. Efter hvad prof. G. J. PFEFFER i Hamburg i skrifvelse af den 27 april 1906 benäget meddelat mig, torde förhållandet vara detsamma med de exemplar, hvilka vid olika tillfällen anträffats inom denna stads område. Däremot håller han för mera osäkert, huruvida sköldpaddans förekomst å åtskilliga i närheten af Hamburg belägna fyndställen äfven skulle kunna förklaras på samma sätt.

I fråga om sköldpaddans uppträdande i *Mecklenburg* säger BROCKMÜLLER (s. 263) sig vara fullkomligt öfvertygad om, att arten träffas verkligt »spontan» endast i landets sydöstra del, där dess utbredningsområde uppnår sin nordvästliga gräns. Hvad särskildt beträffar de sköldpaddfynd, hvilka anföras af STRUCK (1859, s. 152) från trakten af Wismar och af A. KOCH (s. 78) från Schwerins omgifningar liksom af andra författare från Rostock m. fl. i landets västra och norra delar belägna ställen, så uppgifver BROCKMÜLLER, att i samtliga fall förelegat från andra orter införda exemplar, hvilka dels utplanterats, dels tillfälligtvis utkommit. En dylik sköldpaddimport till nämnda trakter af Mecklenburg har, efter hvad samme författare påvisat, ägt rum såväl från landets sydöstra del som från Polen, Galizien, Ungern och Sydryssland.¹

I *Vorpommern* är arten enligt DÜRIGENS utsago ej återfunnen i senare tid, och får man väl på grund däraf antaga, att den numera är utdöd öfverallt därstädes.

I *Hinterpommern* har sköldpaddan däremot iakttagits flerstädes, men synes vara ganska sällsynt öfverallt utom i de sydostligaste kretsarna. I provinsens nordligaste del skall hon vara anträffad, enligt CONWENTZ (s. 12), i närheten af Köslin och, efter hvad DAHMS (1909, s. 150) uppgifver, vid Kolberg, men hennes förekomst å båda dessa ställen torde säkerligen hafva varit af mera tillfällig natur.

Beträffande ett och annat fynd från omgifningarna af Danzig m. fl. i *Västpreussen* belägna städer och orter är väl likaledes ganska sannolikt, att förhållandet där varit detsamma, men huruvida sköldpaddans uppträdande å åtskilliga andra ställen i provinsens norra del skulle kunna förklaras på samma sätt, torde däremot vara mera osäkert. Af de 50 fyndorter för arten, hvilka DAHMS (1909, s. 158) anför från Västpreussen, äro omkring ett trettiotal förlagda till den södra delen, hvarest

¹ En af anledningarna till denna import uppgifves vara ett inom åtskilliga trakter af Nordtyskland hos allmogen ännu sig bibehållande bruk, som daterar sig från långt tillbaka i tiden. För att husdjuren skola trifvas är det nämligen där vanligt, att man i de kärl, ur hvilka dessa yattnas och i all synnerhet i den för svinen afsedda slasktunnan, har en levande kärrsköldpadda. Detta bruk, som, efter hvad SCHNEIDER uppgifver, var rådande på slutet af 1700 talet i Schlesien, där det enligt ZIMMER ännu fortlevver, omnämnes vidare såväl af STURM från Mecklenburg som af BOCK från Ost- och Westpreussen. Inom sistnämnda båda provinser skall enligt DAHMS (1909 s. 162) ifrågavarande bruk, som där varit gängse sedan flera århundraden tillbaka, ännu bibehålla sig, och enligt CONWENTZ fortlevver det likaledes såväl i Brandenburg som i Posen.

de hufvudsakligen gruppera sig inom förutnämnda båda områden, där sköldpaddan fortfarande skulle förekomma vild.

Såsom redan framhållits af BOCK (468) och BUJAC (s. 267), förekommer sköldpaddan ej i den nordligaste delen af *Ostpreussen*. I motsats därtill uppgifves hon visserligen i senare tid vara funnen dels enligt BRAUN (s. 98) i närheten af Königsberg, dels enligt REINBERGER (s. 315) å en annan, längre i NO belägen lokal, men det kan dock ej gärna råda tvifvel om, att hennes förekomst här endast är tillfällig, något som särskildt gäller för förekomsten vid Königsberg, hvilken också direkt förnekas af VON BAER (s. 544). För längre tid sedan skall sköldpaddan vara anträffad i nordvästra delen af Ostpreussen, men numera torde hon saknas såväl där som annorstädes inom provinsen utom i dess södra delar. Enligt åtskilliga äldre uppgifter förekommer nämligen arten där flerstädes, hvilket också bestyrkes såväl af BRAUN som LÜHE, hvilka därifrån anföra väl ett trettiotal fyndorter.

Nordgränsen för ofvan angifna områden, inom hvilka sköldpaddan ännu torde förekomma vild, skulle sålunda från Mecklenburg, där den knappast öfverskrider 53° 30' nordl. br., småningom höja sig österut till Väst- och Ostpreussen, där den, efter hvad de af DAHMS (1909, s. 160) och LÜHE (1909, s. 349) lämnade kartskisserna angifva, vid omkring 54° når sin högsta nordliga bredd inom Tyskland.

En i samband med sköldpaddans förekomst i Nordtyskland stående, hittills outredd fråga är, huruvida arten därstädes fortplantar sig öfverallt inom det uppgifna utbredningsområdet. Att så skulle vara förhållandet, framför allt inom de landsdelar, där sköldpaddan faktiskt förekommer vild, borde man visserligen kunnat antaga, men de därifrån föreliggande fyndens beskaffenhet lämnar likväl ej något direkt stöd för ett dylikt antagande. Fynden ha nämligen i regel utgjorts af mer eller mindre fullt utvuxna, sålunda ganska gamla djur, och endast undantagsvis af yngre individ, anträffade under sådana omständigheter, att man kan hafva anledning förmoda, att arten för närvarande är stadd i fortplantning å lokalerna i fråga. Enligt hvad FRIEDEL¹ uppgifver, gäller detta till och med fynden från Brandenburg, där arten är jämförelsevis mera allmän. Nämnda förhållande skulle visserligen kunna bero därpå, att närmare uppgifter saknas för många af fynden, men att yngre sköldpaddor det oaktadt måste vara ganska sällsynta därstädes, framgår däraf, att FRIEDERICHs (s. 1), som från nämnda provins har sig bekant väl ett hundratal fyndorter för arten, ej omnämner mer än ett enda fall, då helt unga exemplar anträffats. Hvad åter beträffar fynden från de intill Östersjön gränsande delarne af Nordtyskland och särskildt de områden, inom hvilka artens utbredning närmare utforskats af CONWENTZ, föreligga i de flesta fall uppgifter rörande de iakttagna sköldpaddornas ungefärliga storlek, och då de anträffade exemplaren tillvaratagits, har måttet vanligen också ytterst noga angifvits. Med ledning af dylika uppgifter låter det sig verkligen göra att konstatera *artens* fortlevande å några få ställen inom nämnda landsdelar. Bland de fynd, på grund af hvilka man skulle kunna

¹ CONWENTZ, s. 11.

draga någon slutsats i detta afseende, torde särskildt framhållas det från Feldberg i Mecklenburg-Strelitz af HAHN (s. 150) anförda. Enligt dennes utsago skulle man nämligen vid plöjning därstädes hafva anträffat exemplar, som ej varit större än valnötter. Vidare är väl också ganska antagligt, att *arten* fortlevver å en och annan af de af CONWENTZ (s. 12) angifna fyndorterna, så t. ex. i södra delen af Hinterpommern (Kr. Dramburg), vid Springe, där man regelbundet hvarje år infångar små sköldpaddor. Till dylika mera upplysande fynd skulle ytterligare kunna räknas de från Osterode i Ostpreussen af DAHMS (1909, s. 150), omnämnda, af hvilka de flesta utgjorts af exemplar ej öfverstigande 5 cm. i längd. Men å andra sidan gifves det inom såväl Ost- som Västpreussen åtskilliga fyndorter, där visserligen ej anträffats yngre individ, men å hvilka artens fortlevande det oaktadt kan anses ådagalagdt af talrika, vid upprepade tillfällen där anträffade exemplar. Bland dylika fyndorter äro särskildt att nämna de af DAHMS (1906, s. 91, 1909, s. 147) från Västpreussen anförda sjöarna vid Riesenburg (Kr. Rosenberg) och omkring Ronsden (Kr. Graudenz).

Ofvan anförda fyndorter, å hvilka man skulle hafva anledning antaga, att sköldpaddan fortfarande vore stadd i fortplantning, äro samtliga belägna inom de nordligaste delarna af de områden, där arten af allt att döma ännu förekommer vild. Fastän dessa fyndorter inskränka sig till några få, ligger likväl nära till hands den förmodan, att de angifva den ungefärliga nordgränsen för artens nuvarande fortplantningsområde, hvilken i sådant fall skulle sammanfalla med de ofvannämnda områdenas. Huru det härmed i själfva verket förhåller sig, torde vara svårt att afgöra, men för vår nyss anförda förmodan synes i viss mån äfven den omständigheten tala, att man inom angränsande, längre norrut belägna landsdelar i senare tid ej kunnat konstatera något exempel på, att där utsläppta individ fortplantat sig. Vore denna nämnda förmodan riktig, skulle nordgränsen för sköldpaddans fortplantningsområde i Tyskland i det närmaste sammanfalla med juliisotermen för $+18^{\circ}$ C.

Tager man vidare i betraktande sköldpaddans utbredning i *Litthauen*, föreligga därom följande uppgifter. Enligt BOCK (s. 468) skulle arten där fullständigt saknas. Senare författare såsom VON BAER (s. 554) och EICHWALD (1830, s. 234) vitsorda emellertid enstämmigt dennas förekomst därstädes, men under det att den förre endast uppgifver, att sköldpaddan finnes i några delar af provinsen i fråga, säger den senare, att hon förekommer öfverallt där, särskildt i kretsarna Kobrin, Troki och Braslaw, hvarest hon till och med skall vara ganska allmän. GREVÉ (1910, s. 21) åter anför, att arten ej träffas i den del af Litthauen, som ligger N om Düna. Uppgifterna äro sålunda mycket växlande och delvis sinsemellan motsägende. Under sådana förhållanden måste man tydligen taga vederbörlig hänsyn äfven till andra kända fakta, som i någon mån kunna tjäna till frågans belysande. Af skäl, som strax skola nämnas, vill det då synas, som skulle särskildt sköldpaddans förekomst inom provinsens nordvästligaste, närmast Östersjön belägna del vara mycket tvifvelaktig. Dels har den nämligen ej där bekräftats genom några senare fynd, dels har arten ej heller anträffats inom den i SV angränsande delen af Ostpreussen, något

som vore synnerligen egendomligt, därest den verkligen skulle förekomma inom här ifrågavarande del af Litthauen. Förutsatt att ofvan framdragna tvifvelsmål verkligen vore fullt berättigade, skulle sköldpaddan sålunda i Litthauen liksom i Tyskland ej förekomma N (el. NV) om juliisotermen för $+18^{\circ}$ C.

Hvad slutligen beträffar sköldpaddans, enligt von Löwis (s. 2) redan 1820 konstaterade förekomst i *Kurland*, har den bekräftats genom åtskilliga såväl af samme författare som KAVALL m. fl. sedermera anförda fynd. Om afseende uteslutande fästes vid därvarande fyndorters isolerade belägenhet långt utanför det egentliga utbredningsområdet, skulle det synas ganska sannolikt, att arten, i likhet med hvad von Löwis, DÜRIGEN, GREVÉ m. fl. antaga, uppträder i detta land såsom relict. Visserligen har man, enligt hvad prof. OTTO i Mitau i skrifvelse af den 24 aug. 1906 benäget meddelat mig, ej anträffat ifrågavarande sköldpadda fossil i Kurland, men denna omständighet torde likväl, så pass föga undersökta som mossarna ännu äro därstädes, säkerligen ej böra tillmätas någon större betydelse. Men å andra sidan saknas ej heller skäl, hvilka snarare tyckas tala för, att sköldpaddans spridning där liksom på många andra ställen förmedlats af människor. Redan fyndorternas fördelning inom landet lämna en antydning om något dylikt. Af de 11 fyndorter, hvilkas lägen äro närmare kända, förefinnas nämligen ej mindre än 10 inom landets västra hälft, i trakter, där man på grund af lokala förhållanden kunde hafva anledning förmoda, att sköldpaddans förekomst varit tillfällig. Så torde säkerligen varit fallet såväl med ett i trakten af Mitau funnet exemplar som med tvenne från omgifningarna af Libau anförda fynd. Troligen är detta också händelsen med de sköldpaddor, som iakttagits å de öfriga, likaledes i närheten af tätt bebyggda platser belägna fyndorterna, hvilka samtliga befinna sig inom ett från kusten till omkring 22° Ö om Greenwich sig utbredande område mellan Libau och Windau. Då därtill kommer, såsom GREVÉ (1910, s. 20) uppgifver, att ungar och ägg af arten ej påvisats någonstädes i Kurland, skulle det tydligen vidare också kunna dragas i tvifvelsmål, huruvida sköldpaddan i senare tid där fortplantat sig. Detta isynnerhet som det till och med kan ifrågasättas, huruvida klimatförhållandena verkligen ställa sig stort gynnsammare för arten inom nämnda del af Kurland än inom närmaste, på samma latituder belägna trakter af Sverige. Nämnda tvifvelsmål förringas tydligen ej däraf, att sköldpaddan, efter hvad TIESLER (s. 257) uppgifver, i trots af ifriga efterforskningar ej kunnat anträffas i Kurland senare än 1870. I anledning däraf håller också samme författare för sannolikt, att arten numera är utdöd därstädes.

Vistelseort, lefnadssätt och fortplantning.

Kärrensköldpaddan förekommer så godt som uteslutande i stillastående eller långsamt rinnande vatten och träffas sålunda företrädesvis i smärre sjöar, träsk, kärrhålor, dammar och andra vattensamlingar med gyttjig botten. Hon uppehåller sig däremot ej ute i större, öppna sjöar, särskildt om dessa äro djupa, men väl utmed deras stränder och undviker likaledes vattendrag med stenig botten, liksom öfver hufvud taget kallt och klart vatten. Man finner henne därför aldrig i bergstrakter utan endast i det egentliga låglandet. Enligt v. TOMASINI m. fl. fördrager hon äfven bräckt vatten. Dock träffar man henne endast utmed kusterna å grundare vatten, såsom å försumpade stränder, i afstängda hafsvikar och å andra likaledes för vindarna skyddade lokaler.

I likhet med sina samsläktingar ganska värmeälskande, fördrager kärrensköldpaddan likväl ej direkt solhetta i den grad som den europeiska landsköldpaddan men är å andra sidan vida hårdigare än denna. Om dagen vistas hon i vattnet eller i omedelbara närheten däraf, om natten åter äfven på land, där hon rör sig med större lättbet än förutnämnda art och understundom företager långa vandringar. Såsom exempel på hennes förmåga att jämförelsevis hastigt förflytta sig omnämner ZIMMER (s. 301), hurusom i Schlesien ett förrymdtt individ återfunnits efter tvenne dagar, under hvilka det tillryggalagt icke mindre än 400 m.

Kärrensköldpaddans begärligaste föda är lefvande fisk, men för öfrigt förtär hon äfven batrachier och deras larver, sniglar, maskar o. a. d. Endast i nödfall håller hon tillgodo med vegetabilier, hvarmed hon vanligen utfodras under fångenskapen. Aptiten är liksom hos andra reptiler starkast under sommarens varmaste del, hvar efter den småningom aftager och på senhösten alldeles försvinner.

Vid vinterns annalkande gräver sköldpaddan ner sig, i de flesta fall antingen å stränderna af någon vattensamling eller ute i en dylik i den gyttja, som bildar bottenlagret, och tillbringar där vintermånaderna i dvala. Detta sitt vinterkvarter lämnar hon vanligen i slutet eller, under särskildt gynnsamma väderleksförhållanden, till och med redan i midten af april. Rörande tiden för såväl parningen som äggläggningen föreligga olika uppgifter, hvilka i de flesta fall grunda sig på iakttagelser från aquarier och terrarier. I det fria vidtager parningen enligt SCHREIBER (s. 806) vanligen

i juni, och äggen läggas omkring en månad därefter. Dessa senare, hvilkas skal till en början är ganska mjukt, men på grund af inlagrade kalksalter snart hårdnar, läggas å ett högländt ställe i en liten grund håla, som honan gräver i jorden, därvid fuktande denna med urinen. Sedan de noga öfverhöljts och hålan igenfyllts med den uppvräta jorden, öfverlämnas de åt sig själfva att utkläckas af solvärmen.

Beträffande den för äggens vidare utveckling erforderliga tiden äro uppgifterna likaledes ganska växlande. Ungarna framkomma enligt MARGGRAFS (s. 5) iakttagelser i Brandenburg redan i juni, enligt WERNER däremot först i augusti eller september, eller till och med, såsom HOCHSTETTER funnit vara förhållandet i södra Ungern, ej förrän i början af oktober. Enligt ROLLINAT (s. 39) läggas i mellersta Frankrike (départ. Indre) äggen i regel i juni, mindre ofta i juli och sällan i maj. Af 100 fall, då äggläggningen af honom iakttagits, komma nämligen 87 på juni, 11 på juli och endast 2 på maj. Om sistnämnda månad är kall, uppgifves detta medföra ett försenande af tiden för äggens läggning, men en sträng vinter eller sen vår spelar däremot ingen roll i nämnda afseende. Under normala år äger äggens kläckning rum omkring 90 dagar efter läggningen eller, om temperaturförhållandena äro särskildt gynnsamma, till och med tidigare, men under regniga år åtgår något längre tid. I de flesta fall krypa ungarna ur skalen i september eller i början af oktober, sällan senare. Om väderleken då är gynnsam, begifva de sig snart ut i det fria och gräva sig ner först på senhösten, men i motsatt fall kvarstanna de i den ursprungliga hålan till påföljande vår. Efter hvad MARSIGLI (s. 92) uppgifver, skulle inom Donaus nedre flodområde ungarna efter de under året lagda äggen, i motsats till hvad ofvan anförts, ej lämna skalen samma höst utan först i slutet af mars eller i april året därpå. I öfverensstämmelse därmed skulle, enligt MIRAMS (s. 487) iakttagelser i Lillryssland (Kiew), ägg, lagda den 28 maj, ej hunnit att fullt utvecklas förr än i midten af april följande år, d. v. s. efter 11 månader. Härvid kan emellertid ifrågasättas, huruvida ej de ungar, hvilka enligt sistnämnda båda författares uppgifter skulle hafva framkläckts på våren, i själfva verket, i likhet med de af ROLLINAT påvisade fallen, redan på hösten varit utkrupna ur skalen och öfvervintrat i sina hålor.

De nyss framkläckta ungarna, som äro nästan cirkelrunda och ej mycket större än en enkrona, ha ett mjukt läderartadt skal, hvilket först så småningom hårdnar. Strax efter utkomsten i det fria begifva de sig till någon vattensamling, i närheten af hvars stränder de taga sitt hemvist, lifnärande sig af i vattnet lefvande insekter, maskar, snäckor o. a. d.

Sköldpaddan växer synnerligen långsamt. Enligt ROLLINATS iakttagelser väger en unge vid framkomsten ur ägget 4—6 gr., och dess ryggskal mäter då 2,3—2,7 cm. i längd och 1,9—2,7 cm. i bredd. Hos ett årsgammalt individ åter är vikten 10—17 gr., och ryggskalets dimensioner uppgå till respektive 3,4—4,1 cm. och 3,2—3,9 cm. Ett 10 år gammalt exemplar uppgifves väga icke mindre än 225 gr. och hafva en ryggsköld, som håller 10,8 cm. i längd och 9,0 cm. i bredd. För individ af högre ålder än sistnämnda anför ROLLINAT ej något mått för årliga tillväxten af vare sig

vikten eller dimensionerna. För en fullvuxen, 680 gr. vägande hane från dép. Indre angifver han emellertid nedaustående mått. Ryggskalet, längd: 16 cm., bredd: 13 cm., bukskalet, längd: 14,5 cm., bredd: 9,5 cm., längden af hals och hufvud tillsammans: 8 cm. samt af svansen: 9 cm. De för en fullvuxen hona om 1022 gr. från samma trakt anförda måtten äro åter följande. Ryggskalets längd: 18 cm., bredd: 14,5 cm., bukskalets längd: 17,5 cm., bredd: 11,5 cm., längden af hals och hufvud: 8 cm. samt svansens längd: 8,5 cm. Enligt FISCHER-SIGWART växer sköldpaddan, sedan hon uppnått en högre ålder, vida långsammare än hvad ofvan påvisats för de yngre individens vidkommande. Sålunda anför han (s. 262—263), hurusom hos ett i hans terrarium sedan omkring 10 $\frac{3}{4}$ år tillbaka lefvande, väl utfodradt exemplar, ryggskalets ursprungliga, till omkring 10,9 cm. uppgående längd under denna tid endast ökats till 13,4 cm., d. v. s. med cirka 2,5 cm. eller 0,23 cm. i medeltal om året. Enligt samme författares beräkning, hvarvid ofvan angifna genomsnittsmått å sköldpaddans årliga tillväxt också antages för de föregående åren alltifrån hennes framkläckning ur ägget, skulle nämnda exemplar haft en ålder af omkring 40 år. Såsom FISCHER-SIGWART framhåller, bör äfven sköldpaddans vikt i viss mån vara upplysande i fråga om hennes ålder. Under förutsättning, att också vikten årligen ökas likformigt, drager han därför, af den omständigheten att nyssnämnda exemplar vid 40 års ålder vägde 491 gr., den slutsats, att ett annat hos honom lefvande individ, hvars vikt uppgick till omkring 900 gr., haft en ålder af nära 75 år. Ett i hans ägo likaledes befintligt, från Italien härstammande exemplar, som vägde cirka 2 kg., skulle enligt liknande beräkning varit inemot 200 år gammalt. Enligt de uppgifter, som lämnats af FISCHER-SIGWART och DÜRIGEN, uppgår längden af kärrsköldpaddans ryggskalet till 20—25 cm. Det största i Tyskland funna exemplar, som den senare omnämner, är från Brandenburg och förvaras i Märkisches Museum i Berlin. Hos detta exemplar öfverstiger dock ryggskalets längd ej 18 cm. Från Västpreussen anför emellertid CONWENTZ (s. 15) tvenne ännu större exemplar, af hvilka det ena mäter ända till 18,45 cm. i längd.

I likhet med andra till sköldpaddornas ordning hörande arter lär äfven kärrsköldpaddan kunna blifva mycket gammal. Så t. ex. omtalar FISCHER-SIGWART (s. 166) att i England exemplar af denna art fortlefvat under flera generationer af de familjer, i hvilkas ägo de befunnit sig. Några bestämda data rörande den ålder arten kan uppnå föreligga dock ej. Detta torde emellertid i viss mån bero på de mer eller mindre vanskliga förhållanden, under hvilka djuren ju alltid lefva i fångenskapen. I samma riktning talar också FISCHER-SIGWARTS (s. 262) iakttagelse, att i samtliga af honom kända, föreliggande fråga belysande fall, det alltid varit någon olyckshändelse af ett eller annat slag, som vållat djurens död.

Fyndorter för fossil kärrsköldpadda.

A. Nordvästra Europa.

England.

East Wretham i Norfolk. Enligt A. NEWTON (s. 224—228) har man där i torf på 7 fots djup anträffat lämningar af tvenne exemplar af *Emys orbicularis*.

Mundesley på Norfolkkusten. Härifrån anför E. T. NEWTON (s. 304—306) ett i torf, tillhörande »Mundesley River Bed», funnet exemplar af samma art.

Frankrike.

Torfmosse vid Fontenay-le-Vicomte (départ. Seine et Oise). Från denna fyndort äger Muséum national d'histoire naturelle i Paris ett bukskal och några ben af *Emys orbicularis*, efter hvad prof. M. BOULE i skrifvelse af den 24 mars 1914 godhetsfullt meddelat mig.

Torfmosse vid Bresles (départ. Oise). Ett därstädes funnet exemplar af arten förvaras enligt prof. BOULE i samma museum.

Ej närmare angifven fyndort i départ. Vosges. Enligt LYDEKKER (s. 104) skall man där, »sannolikt i lager af pleistocen ålder», hafva anträffat skalen af ett mindre individ af *Emys orbicularis*, af hvilka afgjutningar förvaras i VAN BREDAS samling i British Museum.

Gallo-romansk graf vid Bernard (départ. Vendée). Härifrån anför BAUDOUIN (s. 502—503) fyndet af ett skalfragment tillhörande *Emys orbicularis*.

Gallo-romansk graf vid Brétignolles (départ. Vendée). Ett dylikt, därstädes gjort sköldpaddfynd omnämnes äfven af BAUDOUIN (s. 502—503).

Huruvida de sköldpaddlämningar, hvilka enligt BAUDOUIN (s. 507—508) äro funna dels vid Argenteuil (départ. Seine et Oise) i en grafhög från den neolitiska stenåldern, dels vid Nérès les Bains (départ. Allier) i en gallo-romansk graf, likaledes tillhört *Emys orbicularis*, något som nämnde författare håller för troligt, torde numera ej kunna afgöras.

Nederländerna.

Tegeien (prov. Limburg). Till de äldsta, hittills påvisade spåren af *Emys orbicularis* torde vara att räkna de i Musée Teyler i Haarlem förvarade lämningar af arten, hvilka, enligt hvad prof. EUG. DUBOIS därstädes i skrifvelse af den 5 Mars 1914 benäget meddelat mig, förskrifva sig från de bekanta, af honom beskrifna leraflagringarna vid Tegelen. På grund af flera karakteristiska *Cervus*arter (*C. dicranus* (NESTI) RÜTIMEYER, *C. teguliensis* n. sp. och *C. rhenanus* n. sp.), hvilka anträffats i samma lerlager som sköldpaddlämningarna i fråga, förlägger prof. DUBOIS (s. 615) bildningen af detta till ett senare skede af pliocentiden. Från nämnda lager anföras åtskilliga andra fossil såsom *Trogontherium Cuvieri*, *Rhinoceros etruscus*, *Hippopotamus amphibius*, liksom *Juglans tephrodes* UNG., *Magnolia* cfr *kobus* DC., *Pterocarya fraxinifolia* SPACH, *Vitis* cfr *vinifera* L. m. fl.

Belgien.

Torfmosse i närheten af Gent. Enligt uppgift, som H. v. MEYER (1837, s. 96) erhållit af VAN BREDa, har man där i torf funnit lämningar af *Emys orbicularis* med dylika af oxe och bäfver. Det är denna fyndort, som STARING (s. 41) afser, då han omnämner, att sköldpaddan jämte *Cervus megaceros* och bäfver anträffats i detta lands torfmossar. Ett ryggskal från ifrågavarande lokal finnes enligt E. T. NEWTON (s. 305) i VAN BREDAS samling i British Museum.

Grottan Trou Félix vid Colébi i Falmignoul (arr. Dinant). Härifrån anför FOURNIER (s. 77) ett, tillsammans med lämningar af *mammut* och *Rhinoceros* sp. funnet sköldpaddskal, som af G. A. BOULENGER bestämts såsom tillhörande *Emys orbicularis*.

B. Tyskland.

Preussen.

1. Klinge vid Cottbus i kretsen med samma namn. Från därstädes befintliga, af NEHRING (s. 183—208) beskrifna interglaciala aflagringar anför denne författare fynd af *Emys* sp. (*E. orbicularis*?) dels från den undre torfven (lag. 6), dels från lefvertorfven (lag. 7). Tillsammans med *Emys* har han funnit i torfven: *Cervus tarandus*, *Equus* sp. (*caballus ferox*?), *Rhinoceros* sp., *Elephas* sp., *Castor* sp. och *Tinca* sp., i lefvertorfven åter: *Tinca* sp., *Esox* sp. och *Megaceros*? I dessa båda lager ha dessutom anträffats lämningar af åtskilliga växter såsom *Carpinus Betulus*, *Ceratophyllum submersum*, *Cladium Mariscus*, *Brasenia purpurea*, *Najas marina*, *Picea excelsa*, *Quercus* sp. m. fl. Enligt NEHRING förskrifva sig lagren vid Klinge

från det första interglaciala tidsskedet¹. WAHNSCHAFTE (s. 332) åter hänför dem fastän med tvekan till det andra interglaciala tidsskedet.

2. **Rhinow** (kr. Rathenow). Ett där, i alluvium funnet skal af *Emys orbicularis* förvaras i Samml. d. K. Geol. Landesanstalt i Berlin, enligt hvad prof. JOH. BÖHM i skrifvelse af den 27 april 1916 välvilligt meddelat mig.

3. **Mosse vid Blindow** (kr. Prenslau). Enligt uppgift, som professor C. A. WEBER i Bremen haft vänligheten lämna mig, har han i denna mosse, i alluvial torf, påträffat lämningar af en sköldpadda, hvilka, af honom öfverlämnade till Würzburgs Geol.-Paläontolog. Instituts samling, af VON SANDBERGER bestämts såsom tillhörande *Emys orbicularis*.

4. **Hermsdorf** (kr. Nieder-Barnim). Från denna fyndort äger Märkisches Museum i Berlin enligt DÜRIGEN (s. 22) några skalfragment af *Emys orbicularis*, hvilka anträffats i »Wiesenkalk» (kalkgyttja) eller sötvattenskalk tillsammans med af hjorthorn utarbetade föremål, som förskrifva sig från bronsåldern.

5. **Voigtshof** (kr. Sensburg). Ett vid torftäkt anträffadt, större exemplar af *Emys orbicularis*, Königsbergs Zoolog. Museum enligt BRAUN (s. 97).

6. **Torfmosse NO om Kruglinnen** (kr. Lötzen). Ett omkring 16 cm. långt, tämligen fullständigt exemplar med å ryggskalet delvis kvarsittande epidermis och ett tillsammans därmed funnet ägg från det på 2.5 meters djup belägna botten-skiktet, Königsbergs Geol.-Paläontolog. Instituts samling enligt R. EWALD (s. 352).

7. **Zeducabruch vid Darkehmen** (i kretsen med samma namn). Ett skalfragment från »äldre alluvium sannolikt Ancylostid», Prussiamuseum enligt EWALD (s. 353).

8. **Mittel Golmkau** (kr. Dirschau). Rygg- och bukskal af ett individ från kalkgyttja (Wiesenkalk), Westpr. Prov.-Museum enligt CONWENTZ (s. 3).

9. **Roschau** (kr. Dirschau). Ett i det närmaste fullständigt ryggskal med delvis kvarsittande epidermis och det dithörande något fragmentariska bukskalet, funna på 2.5 meters djup i gyttja, Westpr. Prov.-Museum enligt CONWENTZ (s. 3).

10. **Kollenz** (kr. Preuss. Stargard). Det nästan fullständiga ryggskalet och halfva bukskalet af ett vid torftäkt anträffadt exemplar, Westpr. Prov.-Museum enligt CONWENTZ (s. 3).

11. **Torfmosse vid Waldhaus** (kr. Preuss. Stargard). Ett ryggskal från omkring 1 meters djup enligt CONWENTZ (s. 3).

12. **Georgensdorf** (kr. Stuhm). Ett i torf på 2 meters djup funnet bukskal, Westpr. Prov.-Museum enligt CONWENTZ (s. 3).

13. **Paulshof vid Schmentau** (kr. Marienwerder). Ett fragmentariskt ryggskal, anträffadt på 3 meters djup mellan torf och underliggande kalkgyttja (Wiesenkalk), Westpr. Prov.-Museum enligt CONWENTZ (s. 3).

14. **Torfmosse vid Rehden** (kr. Graudenz). Skalfragment och ben, Westpr. Prov.-Museum enligt CONWENTZ (s. 7).

¹ Såväl här som i det följande har för Nordtysklands vidkommande vid angifvandet af de interglaciala tidsperioderna följts det af geologerna vid Geol. Landesanstalt i Berlin antagna schemat, hvilket som bekant upptager trenne olika istider.

15—16. Efter hvad BRAUN (s. 97) uppgifver, skall man dessutom å tvenne inom kr. Thorn belägna, ej närmare angifna lokaler hafva anträffat lämningar af arten, hvilka förvaras i Königsbergs Geol.-Paläontolog. Instituts samling.

17. Frankleben (kr. Merseburg). Såväl denna som flera andra fyndorter ha benäget meddelats mig af prof. Ew. Wüst i Kiel. Enligt hans skrifvelse af den 6 dec. 1915 förvaras i Provinzial-Museum i Halle talrika lämningar af *Emys orbicularis*, däribland ett 15 cm. långt, fullständigt ryggskal, samtliga härrörande från å ifrågavarande ställe befintliga härdgropar, hvilka, efter hvad däri likaledes funna föremål angifva, förskrifva sig från 2—4 perioderna af bronsåldern. Enligt Wüst är det ifrågavarande sköldpaddfynd, som PAUL BERGER (s. 47) afser, då han omtalar, att skal af rostade sköldpaddor, som användis till föda, anträffats i härdgropar, utan att han dock angifver någon fyndort för dessa eller det arkeologiska tidsskede, till hvilket de äro att förlägga.

18. Rabütz vid Gröbers (landkr. Halle). Enligt uppgift, som likaledes lämnats mig af professor Wüst, har man i därvarande »Beckenton» vid gräfning, som Provinzial-Museum i Halle 1914 låtit företaga, anträffat trenne skalfragment af *Emys orbicularis*. Rabützer Beckenton, som närmare beskrifvits af L. SIEGERT (s. 270—285), hänföres af honom till det andra interglaciala tidsskedet.

19. Osterode am grossen Fallstein (landkr. Halberstadt). Enligt meddelande af professor Wüst har man i därvarande diluviala kalktuff anträffat några ägg af 3—3.5 cm:s längd och 2—2.5 cm:s tjocklek, hvilka ej gärna kunna tillhöra någon annan art än *Emys orbicularis*. Att närmare bestämma kalktuffens ålder torde enligt samme sagesman för närvarande ej vara möjligt.

20. Kiel. Ett vid ombyggnaden af därvarande bangård anträffadt ryggskal, Samml. d. K. Geol. Landesanstalt i Berlin, enligt meddelande af prof. JOH. BÖHM.

21. Ellerbek (kr. Kiel). Ett fragmentariskt ryggskal, funnet 1872 på 30 fots djup vid anläggningen af därvarande skeppsvarf, Kiels Zoolog. Museum, enligt uppgift, som i skrifvelse af den 25 maj 1906 benäget lämnats mig af professor K. BRANDT.

22. Neustadt (kr. Oldenburg). Ett ryggskal, anträffadt 1872 på 18 fots djup i torf, Kiels Zoolog. Museum enligt prof. BRANDT.

23. Torfmosse vid Segeberg i kretsen af samma namn. Ryggskal, bukskal och bäcken, funna 1858 på 10 fots djup, Kiels Zoolog. Museum enligt prof. BRANDT.

24. Godenstedt (kr. Zewen). Från därvarande interglaciala aflagringar, hvilka SCHUCHT (s. 58—71) förlägger till det andra interglaciala tidsskedet, anför han fyndet af *Emys orbicularis*. I de limniska bildningarna, hvarifrån detta förskrifver sig, har han dessutom anträffat: *Bos* sp., *Castor fiber*, *Cervus elaphus*, *C. capreolus*, *Elephas primigenius*, *Equus caballus* samt därjämte *Abies pectinata*, *Alnus glutinosa*, *Carpinus Betulus*, *Najas major* m. fl. arter.

25. Nedder-Averbergen (kr. Verden). Ett skalfragment af *Emys orbicularis* är enligt LAUFER (s. 325—326) funnet i därvarande sötvattenskalk, hvari han desslikes påvisat förekomsten af *Cervus elaphus*, *C. dama*, *Rhinoceros* sp. m. m. liksom furukottar och hasselnötter. Lagrets ålder torde ej vara närmare utredd.

26. Honerdingen (kr. Fallingbostel). Bland vertebrater, af hvilka lämningar anträffats i den därifrån beskrifna, interglaciala sötvattenskalken (lag. 2), anför WEBER (s. 437) jämte *Castor fiber*, *Cervus elaphus*, *C. capreolus*, *Megaceros* sp., *Bos primigenius*, *Bison priscus* m. fl. äfven *Emys orbicularis*. I samma lager har likaledes kunnat konstateras förekomsten af *Juglans* (regia?), *Platanus* sp., *Abies pectinata* m. fl. arter. Ifrågavarande sötvattenskalk hänföres af WEBER till det första interglaciala tidsskedet.

27. Torfmosse vid Enkheim, NO om Frankfurt a. M. Från därvarande torf anför H. VON MEYER (1837, s. 62—63) tvenne exemplar af den *Emys orbicularis* närstående form, som han beskrifvit under namn af *E. turfa*. Enligt hans uppgift skall man där hafva funnit såväl ben af människa som åtskilliga af människo-hand bearbetade djurben, därtill talrika skärfvor af romerska lerkärl. Bland vertebrater, af hvilka lämningar anträffats, nämnas ytterligare: *Equus caballus*, en *Cervus elaphus* liknande hjortart, en oxe, sannolikt *Bos primigenius* m. fl. För öfrigt uppgifves torfven innesluta åtskilliga i trakten lefvande mollusker, hvilka samtliga påvisats i våra postglaciala aflagringar, dessutom enstaka *hassel-* och *valnötter*. Lämningarna af hjort, häst och oxe äro funna på högst 3 fots djup, i närheten af mossens kanter, nötterna, de bearbetade benen och krukskärfvorna likaledes tämligen nära dessa, under det att sköldpaddlämningarna och molluskerna anträffats längre ute i mossen i den mäktigare torfven.

28. Torfmosse vid Seckbach, NO om Frankfurt a. M. Enligt WENZ (s. 136) har man där i alluvial torf jämte ben af *Rana* och *Lacerta* anträffat några skalfragment af *Emys orbicularis* och därtill icke mindre än 36 land- och sötvattensmollusker. För öfrigt innehåller torfven lämningar af *Alnus glutinosa*, *Corylus Avellana*, *Pinus* sp., *Salix* sp. och *Taxus baccata*.

Baden.

29. Torfmosse vid Dürrheim, SO om Villingen. Enligt uppgift, som framl. professor E. FRAAS i skrifvelse af den 3 mars 1914 välvilligt lämnat mig, förvaras i K. Naturaliensammlung i Stuttgart omkring ett halft dussin exemplar af *Emys orbicularis*, hvilka förskrifva sig från denna mosse. Antagligen äro dessa exemplar identiska med dem, som H. VON MEYER (1837, s. 63—75) anför från samma fyndort och hvilka liksom de vid Enkheim anträffade af honom hänföras till *Emys turfa*. De vid Dürrheim insamlade, af samme författare beskrifna 8 exemplaren äro funna i torf på ungefär samma djup (6—8 fot) som lämningar af åtskilliga andra vertebrater såsom: *Meles vulgaris*, *Canis*, *Equus caballus*, *Sus scrofa*, *Cervus elaphus*, *C. capreolus*, *Bos primigenius* m. fl. Dessutom innehåller torfven skal af åtskilliga i samma trakt fortlevande mollusker.

30. Bussenried vid Konstanz. Enligt SCHMIDLE (s. 104) har man här i alluvial torf jämte lämningar af däggdjur, redskap och andra föremål af sten och brons samt lerkärl från påbyggnadstiden anträffat skal af *Emys orbicularis*. Fyndet förvaras i Rosengarten Museum i Konstanz.

Württemberg.

31. Cannstatt. Bland de talrika vertebratlämningar, som anträffats i därvarande diluviala sötvattenkalk och kalktuff, anför H. v. MEYER (1837, s. 96, not **) äfven ett i Sammlung d. Landwirthschaftl. Ver. i Stuttgart förvaradt lårben af *Emys orbicularis*. Från samma fyndort äger K. Naturaliensammlung i Stuttgart ett skallfragment, efter hvad prof. FRAAS likaledes meddelat mig.

32. Torfmosse vid Schwenningen. Enligt uppgift, som jag också erhållit af prof. FRAAS, förvaras i sistnämnda samling äfven lämningar af *Emys orbicularis* från denna mosse. Rörande fyndet är för öfrigt endast känt, att det gjorts i alluvial torf.

Bayern.

33. Maudach, SV om Ludwigshafen. Enligt KILIAN (s. 29) skall man i en därinvid belägen torfmosse på 8—10 fots djup hafva anträffat ett ryggskal, som han trott sig kunna identifiera såsom tillhörande *Emys orbicularis*.

Mecklenburg.

34. Torfmosse vid Müggenburg, N om Wismar. Enligt LISCH (1867, s. 197, 209) har man vid utgräfningen af därvarande pålbyggnader vid tvenne olika tillfällen funnit lämningar af *Emys orbicularis*, hvilka alla förskrifva sig från ett, under en omkring 5 fot mäktig betäckning af Sphagnumtorf, på kalkhaltig lera hvilande lager af svart, torfliknande gyttja. Det första fyndet utgjordes af rygg- och bukskal samt kotor af ett och samma individ, det andra af fullständiga rygg- och bukskal af ett dylikt. I nämnda lager ha därjämte anträffats dels lämningar af *Bos primigenius*, *B. taurus*, *Ovis aries*, *Capra hircus*, *Sus scrofa palustris*, *S. scrofa ferus*, *S. scrofa domesticus*, *Cervus alces*, *C. capreolus*, *C. elaphus*, *Equus caballus*, *Canis familiaris*, *C. vulpes*, *Castor fiber* m. fl. arter, dels människoben liksom talrika redskap af slipad flinta, ben, horn och trä samt skärfvor af lerkärl. Därsammastädes har likaledes påvisats förekomsten af *ek* och *hassel*. Med hänsyn till här funna artefakt förlägger LISCH (1865, s. 80) ifrågavarande pålbyggnader till gånggriftstiden. BELTZ (s. 158) åter hänförde dem till hällkisttiden.

35. Wolfsburgmoor vid Wismar. Från denna fyndort anför STRÜCK (1877, s. 99) ett 1868 på 10 fots djup anträffadt, i enskild ägo befintligt skal af *Emys orbicularis*.

36. Himbeeren-Soll, en vid Russow i närheten af Neu-Bukow belägen torfmosse. Efter hvad LISCH (1866, s. 51—52) uppgifver, har man här funnit talrika lämningar af en pålbyggnad. I mossens djupare del, i det af svart, gyttjehaltig torf bildade kulturlagret skall man enligt hans utsago jämte talrika djurben och redskap af slipad flinta i mängd äfven hafva anträffat lämningar af *Emys orbicularis*.

I samma lager har man dessutom uppgrävt ett hjortskelett samt ett vildsvinskranium m. m.

37. Grosses Moor vid Russow. I denna mosse, där man enligt LISCH (1866, s. 52—53) likaledes kunnat påvisa spår af en påbyggnad från stenåldern, ha, såsom samme författare uppgifver, anträffats rygg- och bukskalen af en sköldpadda, hvilken såväl till form som storlek visat sig vara fullkomligt öfverensstämmande med den närmast ofvan omnämnda. Från torfven, som här är af samma beskaffenhet som i föregående mosse, anför han för öfrigt endast ett hundkranium samt hasselnötter.

38. Krankow, S om Wismar. Enligt en äldre, af KRAUSE (1890, s. 58) anförd uppgift skall man här 1822 i »märgel» på 14 fots djup ha anträffat en till arten ej angifven sköldpadda.

39. Elde vid Waren. Efter hvad STRUCK (1877, s. 99, noten) uppgifver, har man här vid torftäkt på 2 meters djup funnit lämningar af ett exemplar af *Emys orbicularis*. Antagligen är fyndet detsamma, som enligt F. E. KOCHS (s. 158) utsago gjorts i trakten af Waren och förvaras i därvarande v. Maltz. Naturhist. Museum.

40. Torfmosse belägen å Klützer-Ort inom skogsrevieret Tankenhagen. Enligt GRIEWANK (s. 207) skall man här jämte horn af *kron- och dofhjort* hafva funnit lämningar af en till arten ej angifven sköldpadda. Om såsom uppgifvits, skalets längd verkligen uppgått till 2 fot, är det väl föga sannolikt, att dessa lämningar skulle kunnat tillhöra *Emys orbicularis*.

Öfriga tyska fyndorter.

41. Weimar (Sachsen-Weimar). Från därvarande kalktuff anför H. POHLIG (s. 51) fynd af *Emys orbicularis*. Enligt uppgift, som prof. WÜST lämnat, förvaras i Städtisches Museum därstädes lämningar af denna art, hvilka jämte åtskilliga andra fossil såsom *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Merckii* samt talrika molluskarter förskrifva sig från Ulleska stenbrottet i denna stad, där de anträffats i kalktuffens undre del, i de af sistnämnde författare (s. 188—195) beskrifna skikten med »Konchylienbestand d». Inom PENCKS och BRÜCKNERS schema, hvilket som bekant för Alperna upptager fyra istider och tre interglaciala perioder, förlägger WÜST dessa skikt till det tredje interglaciala tidsskedet, *Riss-Würm*-interglacialtiden.

42. Taubach vid Weimar. Enligt meddelande af prof. WÜST äger Provinzial-Museum i Halle a. d. Saale från denna fyndort flera sköldpaddskal, som anträffats i därvarande kalktuff, i det skikt, från hvilket de bekanta paläolitiska fynden föreligga. Detta lager tillhör enligt prof. WÜST skikten med »Konchylienbestand a». På grund däraf att nämnda fossila skal med hänsyn till såväl storlek som tjocklek ej obetydligt öfverträffa den recenta artens, ställer samme författare sig något tveksam, huruvida denna interglaciala *Emys* verkligen är identisk med *E. orbicularis*.

Från trakten af Weimar har A. WEISS (s. 36) i sin samling åtskilliga sköldpaddlämningar (skal och ägg), hvilka enligt hans utsago samtliga tillhöra *Emys*

orbicularis. Huruvida dessa fynd förskrifva sig från själfva Weimar, Taubach eller Ehringsdorf anföres emellertid ej. Däremot uppgifvas de vara gjorda i kalktuffens undre del, i Solariaskiktet (s. 27), hvilket enligt WÜST tillhör »Konchylienbestand d».

43. Burgtonna (Sachsen-Gotha). I skrifvelse af den 9 mars 1914 har prof. H. STILLE i Göttingen meddelat mig, att i Geolog.-Paläontologiska museet därstädes förvaras ett skalfragment af *Emys orbicularis*, hvilket anträffats å ifrågavarande fyndort i diluvial kalktuff, tillhörande samma horisont som kalktuffen vid Taubach. Skalfragmentet i fråga är till arten bestämdt af E. GEINITZ (s. 278—279). Efter hvad dr W. SCHORCHT i Gotha i skrifvelse af den 10 april 1915 delgifvit mig, äger äfven därvarande Herzogl. Museum lämningar af arten från Burgtonna.

44. Gräfontonna (Sachsen-Gotha). Enligt uppgift, som likaledes erhållits af dr SCHORCHT, förvaras i Herzogl. Museum i Gotha äfven lämningar af *Emys orbicularis* från denna fyndort. Det sköldpaddförande lagret utgöres också här af kalktuff, som hvad åldern beträffar, föga skiljer sig från den vid Burgtonna.

45. Å ett mellan Grüningen och Ottenhausen i trakten af Greussen (Schwarzburg-Sondershausen) beläget, ej närmare angifvet ställe skall man enligt E. E. SCHMID (s. 58) hafva anträffat lämningar af »den europeiska flodsköldpaddan». Dessa förskrefvo sig från ett under en mäktig betäckning af sötvattenskalk befintligt torflager, hvari på olika ställen insamlats lämningar af åtskilliga andra vertebrater såsom *Bos primigenius*, *Cervus capreolus*, ett till arten obestämdt rofdjur, *trana* samt några smärre foglar. Torfvens ålder kan enligt WÜST ej angifvas närmare än, att den är postglacial.

46. Lattorf vid Bernberg a. d. Saale (Anhalt). Från denna fyndort äger universitetets geolog.-mineralogiska samling i Halle rygg- och bukskalet af en sköldpadda, hvilka lämningar GIEBEL (s. 1—11, taf. 1—2) afbildat och beskrifvit såsom tillhörande en ny art, *Emys anhaltina*. Enligt honom lämnad uppgift skulle fyndet hafva gjorts i brunkol. Efter hvad prof. WÜST meddelat, ha emellertid dessa sköldpaddlämningar af honom befunnits tillhöra *Emys orbicularis*, och därtill äro de anträffade i torf.

47. Königslutter (Braunschweig). Ett där i kalktuff funnet exemplar af *Emys orbicularis* förvaras i Hertigl. Tekn. Högskolans mineralog.-geologiska kabinett i Braunschweig, enligt hvad framlidne prof. WILH. BLASIUS i skrifvelse af den 26 juni 1906 benäget meddelat mig. Antagligen är det samma fynd, som WOLLEMANN (s. 55) omnämner. Enligt den senares uppgift skall man i samma kalktuff jämte lämningar af människa samt föremål af slipad flinta dessutom hafva anträffat följande fossil: *Felix domestica*, *Canis familiaris*, *Ursus arctos*, *Meles taxus*, *Cervus elaphus*, *C. capreolus*, *Bos* cfr *priscus*, *Equus caballus*, *Rhinoceros* sp., *Sus scrofa* samt åtskilliga i samma trakt ännu lefvande mollusker. Med hänsyn till å ena sidan förekomsten af *tamkatt*, *hund* och öfriga för den alluviala tiden karakteristiska, anförda arter, å andra sidan uppträdandet af *Rhinoceros* sp., antager WOLLEMANN, under förutsättning att sistnämnda fynd enligt uppgift verkligen förskrifver sig från

de undre lagren af ifrågavarande kalktuff, att dennas äldre, understa del bildats vid slutet af den diluviala tiden och att de ofvanliggande partierna härröra från alluvial tid. Det läge, som sköldpaddlämningarna intagit, angifves emellertid ej.

Angående öfriga extraskandinaviska länder, i hvilka kärrsköldpaddan nu saknas eller hennes förekomst såsom relik är tvifvelaktig, bör nämnas, att hon är funnen fossil i Schweiz, (Moosseedorf) och Österrike (Wien), men ej i Böhmen och Mähren.

Enligt hvad de ofvan anförda fynden angifva skulle *Emys orbicularis* inom olika delar af nordvästra Europa och Tyskland hafva lefvat under nedanstående geologiska tidsperioder:

Postglacial tid.

Litorinatiden { Bronsåldersfynden från Frankleben och Hermsdorf.
Stenåldersfynden från påbyggnaderna i Mecklenburg.

Ancylustiden (Zeducabruch enl. EWALD, Ellerbek?).

2:dra interglaciala tidskedet (Godenstedt enl. SCHUCHT, Rabütz enl. SIEGERT).

1:sta interglaciala tidskedet (Klinge enl. NEHRING, Honerdingen enl. WEBER).

Senpliocen tid (Tegelen enl. DUBOIS).

C. Danmark.

Beträffande de i olika delar af Danmark gjorda fynden af lefvande kärrsköldpadda kan ej råda något tvifvel därom, att exemplaren i fråga i samtliga fall varit sådana, som, införda från andra länder, antingen afsiktligt blifvit utsläppta eller tillfälligtvis utkommit i det fria. Någon anledning till att antaga, det arten förekommer såsom relik, föreligger nämligen ej. Bland fynden gifves det emellertid ett och annat, som, därest ej äfven andra omständigheter tagas i betraktande, möjligen skulle kunna gifva anledning till tvifvelsmål, huruvida ej arten alltjämt fortlevat därstädes. Så är förhållandet t. ex. med de fynd, som gjordes 1911 på Möen. Enligt en i tidningen »Köbenhavn» för 3 augusti 1911 intagen notis skulle man nämligen därstädes hafva anträffat icke mindre än ett halft dussin lefvande kärrsköldpaddor. Fynden förskrefvo sig dels från öns östra och västra delar, dels från trakten af Stege. Men äfven om nämnda uppgift skulle vara fullt tillförlitlig, synes det likväl så godt som omöjligt, att arten skulle kunna hafva fortlevat där, utan att detta förut bemärkts, enär som bekant Möen hör till de i naturhistoriskt hänseende allra noggrannast genomforskade delarna af Danmark. Därtill kommer också, att fossila lämningar af denna sköldpadda ej föreligga från ön, af hvilken anledning det till och med kan ifrågasättas, huruvida arten ens någonsin lefvat därstädes. Ett annat fynd, som på grund af de omständigheter, under hvilka

det gjorts, på sin tid ådrog sig en viss uppmärksamhet, var det från närheten af Fredensborg. Mot vanligheten var nämligen den sköldpadda, hvarom det här rör sig, ett yngre individ, som därtill anträffats i en afsides liggande torfmosse. I anledning af en notis därom, som, hämtad ur dansk källa, återgifvits i n:o 218 af »Sydsvenska Dagbladet Snällposten» för 1885, hänvände jag mig till prof. JAPETUS STEENSTRUP, som med vanlig älskvärdhet meddelade mig sina tankar om fyndet, hvilket särskildt intresserat honom, enär arten förut anträffats fossil i samma trakt. Enligt hans åsikt var ifrågavarande sköldpadda helt säkert ett infördt exemplar, som på ett eller annat sätt blifvit fångenskapen kvitt. För öfrigt var STEENSTRUP, på grund af såväl andras som egna under lång tid gjorda efterforskningar, fullständigt öfvertygad om, att kärrsköldpaddan för längesedan var utdöd i Danmark. Af i senare tid gjorda försök att ånyo acklimatisera arten där framgår emellertid, att i de fall, då de af denna anledning utsläppta exemplaren till och med efter längre tid återfunnits, dessa icke allenast ha varit vid lif utan desslikes visat sig hafva trifts förträffligt. Så t. ex. har man kunnat konstatera, att dylika från Tyskland införda sköldpaddor, som af amtman E. VEDEL utplanterats i Sorö sjö, vid infångandet fem år därefter befunnits hafva ökats i längd från 5 till 7 danska tum. Vidare har man sig likaledes bekant, att i de grafvar, som omgifva Nielstrups herregård å Lolland, anträffats lefvande 20 år tidigare därstädes utsläppta, märkta individ, hvilka införts från Italien. Ett af dessa exemplar skall kort efter infångandet hafva lagt 7 ägg. Bland dylika under liknande omständigheter gjorda sköldpaddfynd må ytterligare anföras ett 1891 vid Odder i Jutland anträffadt exemplar, som 9 år förut försvunnit från en i närheten belägen egendom, Rathlousdal¹.

De i Danmark tillvaratagna exemplaren af fossil kärrsköldpadda, hvilka på några få när förvaras i Köpenhamns Zoologiska Museum, uppgå visserligen till ett ganska betydligt antal, men rörande de omständigheter, under hvilka de flesta af dem anträffats, föreligga ej närmare underrättelser. Särskildt gäller detta de från mossarna härrörande fynden, om hvilka man i regeln endast har sig bekant, att de förskrifva sig från de undre lagren. Fyndorterna äro emellertid följande:

Seland.

1. **Hovmarkens mosse**, V om Klampenborg. Fragment af rygg- och bukskalen af ett exemplar, Köpenhamns Zoolog. Museum enligt inspektor H. WINGE.

2. **Attemose**, V om Skodsborg, angifves af WINGE såsom fyndort för lämningar af en sköldpadda, men rörande fyndet är intet närmare känt.

3. **Kjökkenmödding vid Nivaa**, omkring 13 km. Ö om Hilleröd. Enligt benäget meddelande af inspektor WINGE anträffades 1915 å denna lokal jämte läm-

¹ Naturen og Mennesket, København, Bd 5, 1891, sid. 59—61.

ningar af åtskilliga andra vertebrater ett defekt ryggskal af kärrsköldpadda, hvars läge med största noggrannhet kunnat bestämmas. Tillsammans med skalet har man äfven funnit flintredskap, hvilka otvetydigt angifva, att ifrågavarande kökkeninöding förskrifver sig från den äldre stenåldern.

4. **Hillerödsholms mosse**, NV om Hilleröd. Ett defekt bukskal, Köpenhamns Zoolog. Museum enligt WINGE.

5. **Troldemose vid Frederiksborg**. Af trenne exemplar, hvilka enligt torf-arbetarnas uppgift där anträffats tillsammans, har endast tillvaratagits ett ryggskal. K. Z. M. enligt WINGE.

6. **Arresö**, Ö om Frederiksværk. Rörande ett fynd, som enligt WINGE gjorts därstädes, saknas närmare underrättelser.

7. **Hagerups sjö**, omkring 4,5 km. OSO om Frederikssund. Mer eller mindre fullständiga skal, extremitetben m. fl. lämningar af minst 6 exemplar, K. Z. M. enligt WINGE.

8. **Ölsteds mosse**, belägen vid pass 9 km. N om Frederikssund. Fragment af ett ryggskal, K. Z. M. enligt WINGE.

9. **Gandlöse**, cirka 13,5 km. OSO om Frederikssund. Rygg- och bukskal af ett exemplar, K. Z. M. enligt WINGE.

10. **Gandlöse Ore**, omkring 15 km. OSO om Frederikssund. Ett rygg- och tvenne bukskal, K. Z. M. enligt WINGE.

11. **Gundsölille**, omkring 8,5 km. NO om Roeskilde. Ett ej närmare specificerad fynd enligt WINGE.

12. **Mosse vid Overdraaby**, cirka 4,5 km. V om Frederikssund. Fragment af ett rygg- och ett bukskal, K. Z. M. enligt JAPETUS STEENSTRUP (1848, s. 74).

13. **Ladagermose vid Eegholm**, omkring 13,5 km. NV om Roeskilde. Enligt STEENSTRUP (1855, s. 1—2, 52—53, 383—385) inkommo under loppet af år 1855 till K. Z. M. icke mindre än trenne olika sköldpaddfynd från denna mosse. Af dessa utgjordes det första af ett rygg- och ett bukskal samt några extremitetben, det andra af brottstycken af ett bukskal, hvilka anträffats jämte lämningar af *hund*, *get* och *tjäder*. Det sist insända fyndet var icke allenast det rikaste utan därtill äfven det märkligaste på grund af de mindre vanliga förhållanden, under hvilka det gjorts. Sköldpaddlämningarna, som visat sig hafva tillhört minst 7 exemplar, hade efter hvad för STEENSTRUP uppgifvits, blifvit påträffade i ett nära intill mossens botten befintligt, äfven på skelettdelar af större vertebrater rikt torflager under sådana omständigheter, att insändaren af ifrågavarande fynd ej kunde föreställa sig annat än, att samtliga i detta lager iusamlade djurlämningar där inkommit samtidigt. Vid undersökning af de nämnda skelettdelarna har STEENSTRUP funnit, att dessa, som alla bära spår af att djuren varit anrättade för och använda till måltider. härröra af *får*, *get*, *svin* och en *Bos frontosus*, i vissa afseenden liknande oxe. Några af benen uppgifvas också vara gnagda af hund. Jämte djurlämningarna äro

äfven funna enstaka skärfvor af grofva och rått arbetade lerkärl. STEENSTRUP säger härom: »om sköldpaddorna, hvilka ej visa ringaste spår af att hafva användts till någon måltid och ej heller märken efter redskap, omkommit och inbäddats på botten af mossen samtidigt med, att lämningarna af de nämnda husdjuren dit anhopats, kan det ej råda något tvifvel om, att sköldpaddorna äro yngre än såväl landets ursprungliga djurvärld som urinvånarnas tid, d. v. s. stenåldern, och sålunda ej kunna vara mer än ett par tusen år gamla». Härvid är dock att märka, att STEENSTRUP, efter hvad han själf meddelat mig, ingalunda var fullständigt öfvertygad om tillförlitligheten af ofvan anförda, af honom först i andra hand erhållna uppgifter rörande fyndomständigheterna.

14. Mosse vid Löjesmölle i Rerslevs socken, belägen vid pass 17 km. NV om Sorö. Ett ryggskal enligt af skollärare O. ENGELL i Kjeldstrup godhetsfullt lämnad uppgift.

15. Fuldby, omkring 5 km. NO om Sorö. Fragment af ett ryggskal, K. Z. M. enligt WINGE.

16. Jyderup, cirka 18,5 km. V om Holbæk. Lämningar af ett exemplar, (K. Z. M.?) enligt WINGE.

17. Rumperup, omkring 14,5 km. ONO om Kallundborg. Ett ej närmare beskrifvet fynd föreligger härifrån enligt WINGE.

18. Mosse vid Eskebjerg, cirka 13 km. NO om Kallundborg. Fragment af ett bukskal med vidsittande epidermis, K. Z. M. enligt WINGE.

19. Eskebjergs Enghave, NV om Eskebjerg, på ett afstånd af 1 km. från kusten. Ett 1915 vid torftäkt anträffadt, i K. Z. M. förvaradt, defekt bukskal enligt benäget meddelande af dr E. TULINIUS i Snertinge.

20. Tranemose å Refsnæs, belägen vid pass 3 km. N om Kallundborg. Fragment af rygg- och bukskal, kotor, extremitetben m. m., K. Z. M. enligt WINGE.

21. Mosse vid Bjørnstrup å Refsnæs, belägen cirka 11 km. NV om Kallundborg. Rygg- och bukskal samt extremitetben af ett exemplar, K. Z. M. enligt WINGE. I ett medsändt prof af den dessa lämningar omgifvande »torfven» har A. C. JOHANSEN (1904, s. 106—107) anträffat icke mindre än 25 land- och sötvattensmollusker. I afseende på bildningens ålder anser dr JOHANSEN flera af dessa mollusker vara ganska upplysande. Sålunda synes honom fynden af *Bythinia Leachi* och *Planorbis vorticulus*, hvilka arter han antager hafva invandrat till Danmark först under ekperioden, angifva, att här föreligger en aflagring från denna.

22. Bavnemose å Refsnæs. Af sköldpaddfynd från Refsnæs äger Köpenhamns Zool. Museum utom de ofvan anförda åtskilliga andra, hvilka, efter hvad etiketterna angifva, förskrifva sig dels från Refsnæsgaards mosse, dels från Refsnæs mosse, under det att fyndorten för ett och annat exemplar ej är närmare angifven. Frånsedt namnen å gifvarna och tiden, då fynden förvärfvades, föreligga för öfrigt inga närmare upplysningar om dessa. Enligt uppgift, som vid ett mitt besök å Refsnæsgaard sommaren 1913 godhetsfullt lämnats af godsägare O. LAVAETZ, som skänkt större delen af exemplaren från »Refsnæsgaards mosse», har man funnit fossila

sköldpaddor i icke mindre än trenne, å gårdens ägor befintliga torfmossar. De flesta exemplaren ha anträffats i Bavnemose, en omkring 0,7 km. VSV om Refsnæsgaard invid Kallundborgfjorden belägen mosse, som i Ö begränsas af en brant höjd, Bavnebjerg. Mossens sydligaste del upptåges numera, sedan torfven tillgodogjorts, af en vattenfylld kärrhåla, där ålsumparna ha sin plats. Denna utgräfd del af mossen, hvars botten befinner sig omkring 3 m. under hafsytan, är genom en strandvall afgränsad från hafvet, hvarmed den medelst rörledning står i förbindelse. Mossen sammanhänger under strandvallen med den submarina torfmosse, som från stranden sträcker sig utåt fjorden, något som tydligt framgår däraf, att man vid genomgräfningen af strandvallen iakttagit kontakten mellan denna och underliggande torflager. Efter hvad godsägare LAVAETZ vidare meddelat, är det submarina torflagret, som hvilar under en på sina ställen knappt 0,6 m. mäktig betäckning af sand och grus, åtkomligt vid lågvatten, så att man där till och med gjort försök att tillgodogöra sig torfven såsom bränsle. Samtliga de sköldpaddlämningar, hvilka godsägare LAVAETZ och handlanden O. LUND i Kallundborg 1886 öfverlämnade till nämnda museum, uppgåfvos vara funna vid den samma år företagna utgräfningen af Bavnemose. Vid detta tillfälle tillvaratogs jämte tvenne med hänsyn till skalen fullständiga sköldpaddor, lämningar af åtskilliga andra, som krossats under gräfningsarbetet. Hur pass många exemplar, som då här påträffades, kunde ej med bestämdhet angifvas, men enligt uppgift, lämnad af arbetaren PEDER CHRISTENSEN, som själf gjort flera af fynden, kan antalet ej gärna sättas till lägre än 10—12. Enligt densammes utsago skulle samtliga dessa sköldpaddor legat i »torfven», hvars mäktighet uppgick till icke mindre än 3 m., men såsom torf ha då äfven medräknats under- och mellanliggande gyttjelager. Ingen af sköldpaddorna var funnen på ringare djup än omkring 1,8 m., men väl längre ner, och till och med i själfva bottenlagret skulle ett och annat exemplar ha uppgräfts. Enligt samme sagesman hade vid ett föregående tillfälle (1883?) jämte en sköldpadda tillvaratagits flera tillsammans med denna anträffade ägg. Samtliga dessa hans uppgifter bekräftades af godsägare LAVAETZ. Efter hvad den senare uppgaf, skulle äfven ett hjortskelett vara funnet i Bavnemose, men å hvilket djup detta legat, kunde han ej erinra sig. Ej heller hade han sig bekant något fynd af artefakt vare sig från ifrågavarande eller de båda andra, såsom fyndställen för fossil kärrsköldpadda af honom angifna mossarna. Däremot skulle en, om icke tvenne *ekstammar* hafva uppgräfts ur torfven, hvari man likaledes påträffat *haselnötter*.

Mossens botten bildar ett mot stranden långsamt sluttande plan, som i närheten af förutnämnda kärrhåla tämligen hastigt sänker sig till ett djup af omkring 3 m. Orubbade lager af samma mäktighet som de därifrån bortförda funnos visserligen att tillgå här och hvar i denna del af mossen, men på grund af redan vid ringa djup påträngande vatten voro de föga tillgängliga. Genom borrhning, som företogs strax V om kärrhålan något innanför strandvallen, erhöles emellertid en serie af prof, enligt hvilka bildningen utgjordes af följande lager:

1 (underst). . . . 20 cm. + *Sötvattenslera*, grå, kalkfri, hårdt sammanpackad och på grund däraf föga åtkomlig för borret.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.

Chenopodiace, 1 frö.

Cladium Mariscus, 1 nöt.

Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).

Cenococcum geophilum.

2. . . . 25 cm. *Detritusgyttja*, mörk, kalkfri, rikligt uppblandad med lera, därtill något sandig.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.

Batrachium sp., nötter.

Carex sp., nötter.

Chenopodiace, frön.

Cladium Mariscus, nötter.

Lycopus europæus, delfrukter.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Potamogeton pectinatus, fruktstenar.

Rubus idæus, 1 fruktsten.

Salix sp., pollen (enl. LAGERH.).

Scirpus Tabernæmontani, nötter.

S. sp., nötter.

Cenococcum geophilum.

Nephelis octoculata, kokonger.

Oligochaeta, kapslar.

3. . . . 250 cm. *Torf och detritus* i växlande, med hänsyn till sin inbördes mäktighet ej närmare undersökta lager.

a. *Torf*, enligt borrhprof från 225—250 cm:s djup, räknadt från mossens yta.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.

A. sp., pollen (enl. LAGERH.).

Batrachium sp., nötter.

Betula alba, pinnar.

Carex sp., frukter.

C. spp., nötter.

Cladium Mariscus, nötter.

Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).

Eupatorium cannabinum? frukter.

Lycopus europæus, delfrukter.

Myriophyllum spicatum, blad.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).

Scirpus lacustris, nötter.

S. sp., nötter.

Solanum Dulcamara, frön.

Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).

Typha cfr *angustifolia*, pollen (enl. LAGERH.).

Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Amblystegium sp., blad.

Sphagnum sp., blad.

Cladocer.

Anabæna sp. (enl. LAGERH.).

b. *Torf* enligt borrhprof från 200—225 cm:s djup.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.

A. sp., pollen (enl. LAGERH.).

Batrachium sp., nötter.

Carex filiformis, frukter.

C. spp., nötter.

Ceratophyllum submersum, fruktstenar.

Chenopodiace, frön.

C. sp., pollen (enl. LAGERH.).

Cladium Mariscus, nötter.

Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).

Eupatorium cannabinum? frukter.

Graminé, pollen (enl. LAGERH.).

Lycopus europæus, delfrukter.

Najas marina f. *microcarpa*, frön.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).

Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Ranunculus sceleratus, nötter.

Scirpus lacustris, nötter.

Solanum Dulcamara, frön.

Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).

Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Sphagnum sp., blad.

Conferva bombycina (enl. LAGERH.).

Puccinia sp. (enl. LAGERH.).

Swampar, bruna hyfer (enl. LAGERH.).

Cladocer.

Spongilla lacustris, gemmulæ.

Arcella sp. (enl. LAGERH.).

Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).

c. *Detritustorf?* enligt borrhprof frå 150—175 cm:s djup.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alisma ranunculoides</i> , frukter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Solanum Dulcamara</i> , frön. |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Tilia</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Ulmus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Chenopodiace</i> , frön. | <i>Sphagnum</i> sp., sporer (enl. LAGERH.), blad. |
| C., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Puccinia</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Svampar</i> , bruna hyfer (enl. LAGERH.). |
| <i>Hippuris vulgaris</i> , 1 fruktsten. | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Arcella</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Polystichum cristatum</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Assulina seminulum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>P. Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.), utvecklade blad. | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Potamogeton pectinatus</i> , fruktstenar. | <i>Hyalosphenia papilis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Ranunculus repens</i> , nötter. | <i>Nebela</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| | <i>Rotatorier</i> , ägg (enl. LAGERH.). |

d. *Torf* enligt borrhprof från 100—125 cm. djup.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Betula</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Solanum Dulcamara</i> , frön. |
| <i>Chenopodiace</i> , frön. | <i>Tilia</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). |
| C., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Svampar</i> , bruna hyfer (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Diffugia</i> cfr. <i>pulex</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i> , delfrukter. | |

e. *Detritus med sand och lera* enligt borrhprof från 50—75 cm:s djup.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alisma ranunculoides</i> , frukter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Alnus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>S.</i> sp., nötter. |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Tilia</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex</i> sp., nöt. | Mossa, blad. |
| <i>Chenopodiace</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Anabæna</i> sp., (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Conferva bombycina</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Chrysomonadinæer</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Eleocharis palustris</i> , nötter. | <i>Diatomacæer</i> : <i>Epithemia</i> , <i>Navicula</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Hippuris vulgaris</i> , fruktstenar. | <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Cladocer</i> . |
| <i>Prunus spinosa</i> , 1 fruktsten. | |

f. *Torf* från 30—50 cm:s djup, rikligt genomdragen af rhizom och utlöpare af *Phragmites communis*, hvarmed kärrhållans kanter äro bevuxna.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Polystichum Thelypteris</i> , utvecklade blad. |
| <i>Carex</i> sp., 1 nöt. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Chenopodiace</i> , frön. | <i>S.</i> sp., nötter. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Svampar</i> , bruna hyfer (enl. LAGERH.). |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i> , delfrukter rikligt. | <i>Diffugia globulosa</i> (enl. LAGERH.). |

g. Torf från 0—30 cm:s djup, hufvudsakligast innehållande lämningar af *Phragmites communis*.

I Köpenhamns Zoologiska Museum förvaras en ask, som enligt bifogad, af STEENSTRUP skriven etikett innehåller: »Tørv om Skildpadden B Refsnæs Mose 1886». Efter hvad Inspektör WINGE benäget meddelat mig, är denna sköldpadda funnen i »Refsnæsgaards Mose» och skänkt till museet af O. LUND. Då såsom förut anförts, de nämnda år af såväl honom som af LAVAETZ dit öfverlämnade sköldpaddor samtliga anträffats i Baynemose, är det tydligen denna fyndort, som här afses. I samma ask förvaras dessutom några glaströr inneslutande växtfossil (frukter, nötter m. m.) och därjämte ett skriftligt meddelande från doktor N. HARTZ af följande lydelse: »I det kalkfri Ler, som behandledes med HNO_3 , fandtes följande:

Alnus glutinosa.
Carex.
Cladium Mariscus.
Eupatorium cannabinum.

Lycopus europæus.
Potamogeton.
Scirpus lacustris.
S. sp.

København 14. IV. 1904.»

Någon upplysning om, hvarifrån den kalkfria leran förskrifver sig, föreligger visserligen ej, men får man väl det oaktadt antaga, att denna tillhört det samtidigt med sköldpaddan insända profvet af den henne omgifvande »Tørven». Detta prof utgöres nämligen dels af egentlig, till ej obetydlig del af mossor bildad torf, dels af detritusgyttja, hvilken, enligt ett af inspektör WINGE mig välvilligt lämnadt prof, befunnits vara icke allenast kalkfri utan därtill så rikligt uppblandad med lera, att den mycket väl skulle kunna vara identisk med ifrågavarande kalkfria lera. Hvad åter beträffar det lager inom profilen i Baynemose, från hvilket detritusgyttjan förskrifver sig, kan tydligen denna i anseende till sin betydliga lerhalt ej förläggas till högre nivå än den, som intages af lag 2, d. v. s. den leriga detritusgyttjan, hvilken hvad fossilen angår också visar ganska stor öfverensstämmelse med den kalkfria leran. Då man på grund af det anförda måste antaga, att »Tørven» härrör från tvenne intill hvarandra liggande lager, kan följaktligen torfven inom samma profil endast hafva sin motsvarighet i den närmast på lag 2 följande, lag 3 bildande torfven. Huruvida sköldpaddan legat i denna eller i gyttjan, torde ej kunna afgöras, men i hvilketdera fall som helst måste hon hafva befunnit sig på ett djup ej understigande 225—250 cm. eller möjligen ännu något djupare. Ifrågavarande fynd lämnar sålunda ytterligare bekräftelse å PEDER CHRISTENSENS uppgift, att sköldpaddor äfven anträffats i eller i närheten af mossens bottenlager.

Strandvallen, hvars krön befinner sig 1,8—2 m. öfver hafvet, har en bredd af ungefär 30 m. Dess yta stupar å den mot hafvet vettande sidan först ganska starkt, närmare stranden svagare, å den inre sidan åter jämförelsevis mera likformigt. Materialet i vallen, hvilket i den undre delen utgöres af sand och finare grus,

i den öfre mäktigare delen däremot af gröfre grus och klapper, har hufvudsakligast lämnats af urbergsarter. I detsamma ingår till ej obetydlig del äfven flinta och därjämte, ehuru mera sparsamt, kalksten (kritfossil).

För att kontrollera den förut gjorda undersökningen af strandvallen, besökte jag hösten 1916 ånyo Refsnæsgaard, dit åtföljd af amanuensen GUNNAR EKSTRÖM, som välvilligt erbjudit sig att utföra de erforderliga afvägningarna. En vid detta tillfälle genom strandvallen upptagen profil visade nedanstående lagerföljd:

1 (underst). . . . 15 cm. + Torf, gyttjig, föga grusblandad.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Chenopodiace</i> , frön. | <i>S.</i> sp., nötter. |
| <i>Chenopodium</i> sp., frön. | <i>Scamper</i> , bruna hyfer. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter rikligt. | Skalbagglämningar. |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> , delfrukt. | <i>Phryganid</i> , larvhölje. |
| <i>Polypodiace</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Daphnia</i> cfr <i>magna</i> , efippier. |

2. . . . 10 cm. Gyttja, mörk, något grus- och sandblandad, ej tydligt skild från underliggande torf.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter sparsamt. | <i>S.</i> sp., nötter. |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> , delfrukt. | Skalbagglämningar. |
| <i>Potamogeton pectinatus</i> , fruktstenar. | <i>Daphnia</i> cfr <i>magna</i> , efippier. |

3. . . . 20 cm. Gyttja, grå sandblandad, skarpt begränsad från föregående lager.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Otiorrhynchus</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS- SON). |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | <i>Mecinus pyraister</i> , täckvinge (enl. BENGTS- SON). |
| <i>Chara</i> sp., sporer. | <i>Parnus</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS- SSON). |
| <i>Chenopodium</i> sp., frön. | <i>Rantus</i> sp., metasternum, trochanter (enl. BENGTS-SSON). |
| <i>Linaria vulgaris</i> , frön. | <i>Saprinus æneus</i> , täckvinge (enl. BENGTS- SSON). |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> , delfrukt. | <i>Limnæa</i> sp., skalfragment. |
| <i>Polypodiace</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Litorina litorea</i> , skalfragment. |
| <i>Potamogeton pectinatus</i> , fruktstenar. | <i>Eucypris</i> cfr <i>pigra</i> (enl. ALM). |
| <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. | <i>Herpetocypris</i> cfr <i>reptans</i> (enl. ALM). |
| <i>Stellaria</i> sp., frön. | <i>Daphnia</i> cfr <i>magna</i> , efippier. |
| <i>Diatomacæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Simocephalus</i> cfr <i>vetulus</i> , efippier. |
| <i>Pediastrum</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| <i>Cercyon</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS- SSON). | |
| <i>Loricera pilicornis</i> , täckvinge (enl. BENGTS- SSON). | |

4. . . . 20 cm. Grus, rikligt uppblandadt med sand och gyttja, hvilken senare är något ljusare än den från föregående lager beskrifna. Den i gruset ingående

kalkstenen utgöres så godt som uteslutande af fragment af kritfossil såsom bryozoeer, hydrozoer, *Cidaris*, krinoidéer m. fl.

Fossil:

Batrachium spp., nötter massvis.
Chenopodiace-frön.
Chenopodium sp., frön.
Cirsium sp., 1 frukt.
Myriophyllum spicatum, delfrukter.
Ranunculus sp., 1 nöt.
Scirpus sp., nötter.
Limnæa sp., skalfragment.

Litorina litorea.
L. sp., skalfragment.
Mytilus edulis, skalfragment.
Planorbis nautilus.
Rissoa membranacea (enl. JOHANSEN).
Ostrakod.
Daphnia cfr *magna*, efippier.
Simocephalus cfr *vetulus*, efippier.

5. . . . 20 cm. *Grus*, af samma allmänna karaktär som i föregående lager. Den i detsamma såväl här som i lag 2—4 inblandade sanden utgöres, enligt af docent A. HADDING benäget utförd undersökning, hufvudsakligast af vanlig kvarts-sand, till någon del äfven af rosenkvarts och granater.

Fossil:

Batrachium spp., nötter rikligt.
Carex sp., nötter.
Ranunculus acris, 1 nöt.
Scirpus sp., nötter.

Fisk, 1 ryggkota.
Litorina litorea.
Mytilus edulis, skalfragment.
Daphnia cfr *magna*, efippier.
Simocephalus cfr *vetulus*, efippier.

6. . . . 70 cm. *Grus*, groft, hufvudsakligen bestående af jämnstora, föga af-rundade klapperstenar, därtill sandblandadt.

Fossil:

Atriplex sp., frön.
Chenopodiace-frön.
Rumex sp., 1 frukt med omgifvande hylle.
R. sp., nötter.

Scirpus maritimus, nötter.
Litorina litorea.
L. cfr *rudis*.
Mytilus edulis, skalfragment.

7. . . . 90 cm. *Grus* med jämförelsevis mera rundade klapperstenar, till hvilka materialet till ganska betydlig del lämnats af flinta.

I grusets *undre*, omkring 50 cm. mäktiga del träffades följande

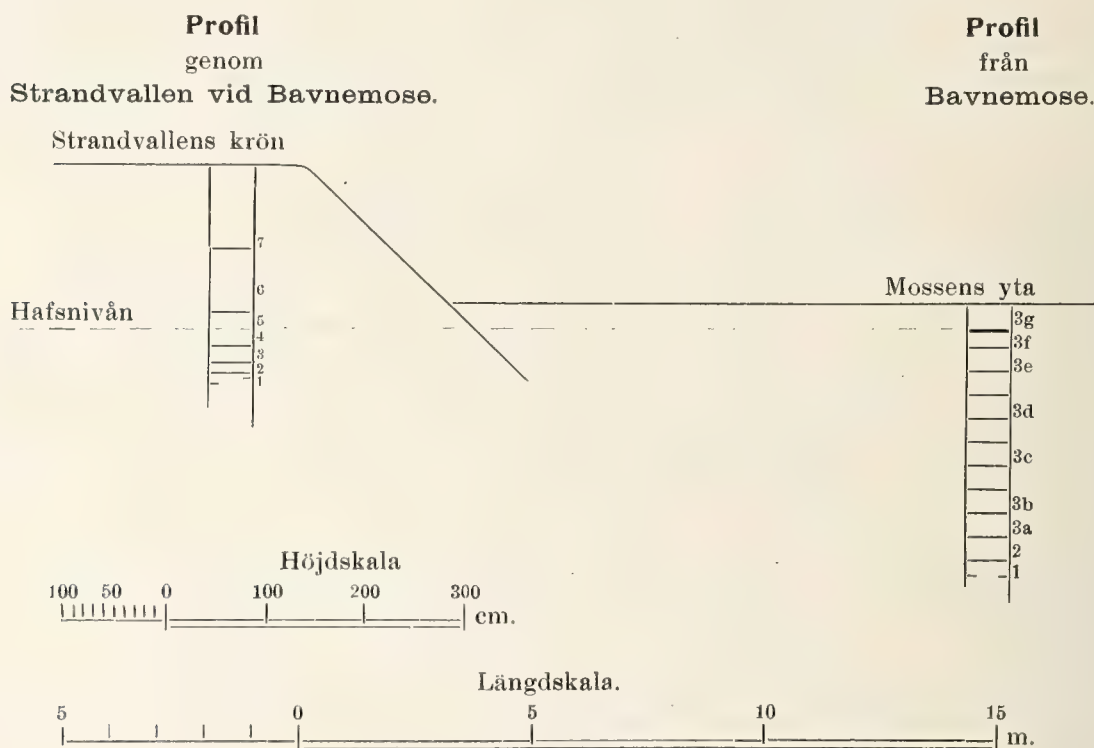
fossil:

Atriplex sp., frön.
Caryophyllace-frön.
Chenopodiace-frön.
Rumex maritimus, 1 frukt med omgifvande hylle.
R. sp., frukter med omgifvande hylle.
Scirpus maritimus, nötter.

Cerithium reticulatum.
Hydrobia ulvæ.
Lacuna divaricata (enl. JOHANSEN).
Litorina litorea.
L. obtusata.
L. rudis.
Mytilus edulis, skalfragment.
Nassa reticulata.

I de *öfre* partierna är gruset myllblandadt och rikligt genomsett af växtrötter. Jämte ofvan anförda *Litorina*arter och *Mytilus edulis* innehåller det recenta frön och landmollusker.

Till ifrågavarande, med *Litorinagränsvallen* identiska strandvall, som här angifver »stenålderhafvets» maximumstånd, äro säkerligen att hänföra icke allenast de öfre med n:is 5—7 betecknade lagren med *Litorina* och *Mytilus* m. fl. hafsmollusker utan äfven underliggande lag 3—4, hvilka jämte nämnda arter också innesluta sötvattensmollusker. Hvad åter beträffar det torflager (lag 1), som utgör strandvallens underlag och såsom ofvan påvisats sammanhänger med det submarina torflagret i Kallundborgfjorden, är dess afsättning tydligen att förlägga till Danmarks, med *Ancylustiden* sammanfallande fastlandstid. I afseende på relationen till hafsytan har den 40—50 cm. därunder belägna, gränslagret mellan de lakustrina och de marina aflagringarna bildande gyttjan (lag 2) inom den från Bavnemose beskrifna



profilen sin närmaste motsvarighet i den understa delen af lag 3 e, hvilken nivå sålunda skulle angifva ungefärliga gränsen mellan de lager, som afsatts i mossen dels före, dels samtidigt med eller efter uppkastandet af strandvallen. Denna gräns befinner sig 70—80 cm. under mossens yta. Då emellertid de i det föregående omnämnda djupen, från hvilka de uppgrädda sköldpaddorna förskrifva sig, räknadt från mossens yta, väl *öfver-* men ej understiga 180 cm. och sålunda äro belägna allra minst 100—110 cm. under strandvallen, måste följaktligen individen i fråga hafva lefvat här redan under *Ancylustiden*. På grund af åtskilliga, i mossens undre lager likaledes anträffade, om en långt framskriden förmildring af klimatet vittnande arter såsom *Ceratophyllum submersum*, *Najas marina*, *Quercus* sp. m. fl. är man vidare berättigad draga den slutsats, att de här påvisade spåren af kärrsköldpaddan datera sig från *Ancylustidens* senare del.

23. Söndermose, en omkring 0,2 km. NV om Refsnæsgaard belägen, numera sedan torfven uppskurits vattenfylld kärrhåla. Enligt hvad godsägare LAVAETZ uppgaf, skall ett af de första sköldpaddfynden från Refsnæs, hvilket af honom öfverlämnats till Köpenhamns Zoolog. Museum, härröra från denna mosse, men kunde han ej erinra sig de omständigheter, under hvilka fyndet gjorts. Fastän det sålunda numera ej kan angifvas, hvilket läge de här anträffade sköldpaddlämningarna intagit, anser jag mig på grund af den från förutnämnda Bavnemose ganska afvikande byggnad, som ifrågavarande mosse företer, böra beskrifva den profil, som jag lät upptaga i sydvästra delen af den senare.

Den i profilen iakttagna lagerföljden var:

1 (Underst). . . . 20 cm. + *Kalkgyttja* (enl. LAGERHEIM), rikligt uppblandad med mossdetritus.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex 2 sp., nötter.
Chara-sporer.
Hippuris vulgaris, fruktstenar.
Menyanthes trifoliata, frön.
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. prælongus, fruktstenar.
Rubus idæus, 1 fruktsten.
Sparganium sp., 1 fruktsten.

Mossor, blad.
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 3 sp. (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Daphnia pulex, efpier.
Ephydatia Mülleri (enl. LAGERH.).
Spongilla lacustris, gemmulæ.

2 Omkr. 10 cm. *Kalkhaltig gyttja* (enl. LAGERHEIM), något mörkare än föregående.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ericacé-pollen (enl. LAGERH.).
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton prælongus, fruktstenar.
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 11 sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).

Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).
Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).
Cladocer.
Spongilla lacustris, spiculæ.
Arcella sp. (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

3 65 cm. *Kalkgyttja*.

Kalkgyttjans undre del (= *Diatomé-desmidié-kalkgyttja* enl. LAGERHEIM).

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex sp., nötter.
Chara-sporer.
Ericacé-pollen (enl. LAGERH.).

Staurastrum 3 sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
Gaurodytes sp., metasternum (enl. BENGTS-SON).

| | |
|--|--|
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa auricularia</i> . |
| <i>Potamogeton prælongus</i> , fruktstenar. | <i>L. peregra</i> . |
| <i>Chrysomonadinæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Pisidium</i> sp., skalfragment. |
| <i>Cosmarium</i> 15 sp. (enl. LAGERH.). | <i>Planorbis nautilus</i> . |
| <i>Diatomacæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>P. Strömi</i> . |
| <i>Euastrum</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Valvata piscinalis</i> . |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>Daphnia pulex</i> , efippier. |
| <i>Pleurotænium</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |

Kalkgyttjans öfversta del (= blekeartad kalkgyttja enl. LAGERHEIM).

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Betula</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>P. obtusale</i> . |
| <i>Comarum palustre</i> , 1 nöt. | <i>Planorbis complanatus</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>P. contortus</i> . |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>P. nautilus</i> . |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>P. parvus</i> . |
| <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). | <i>P. umbilicatus</i> . |
| <i>T. muticum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Cenococcum geophilum</i> . | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Limnæa auricularia</i> . | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>L. peregra</i> . | <i>Cladocer</i> . |
| <i>L. stagnalis</i> . | <i>Nephelis octoculata</i> , kokonger. |
| <i>Pisidium milium</i> . | <i>Quadrula subglobosa</i> (enl. LAGERH.). |

4. . . . omkr. 20 cm. *Detritusgyttja*?, starkt intorkad.

Fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Butrachium</i> sp., nötter. | <i>Rubus idæus</i> , fruktstenar. |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | <i>S. Tabernæmontani</i> , nötter. |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>S. sp.</i> , nötter. |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Typha angustifolia</i> , pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Eleocharis palustris</i> , nötter. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Hippuris vulgaris</i> , fruktstenar. | <i>Limnæa</i> sp., skalfragment. |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | <i>Pisidium obtusale</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Planorbis umbilicatus</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Nephelis octoculata</i> , kokonger. |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |

5. . . . 25 cm. *Torf*, starkt multnad och intorkad, ej tydligt skild från föregående lager. Därtill uppblandad med i senare tid nedsvämmade grus- och lerpartiklar.

24. **Nordremose** är belägen omkring 0,5 km. NNO om Refsnæsgaard, invid Kattegatt, hvarifrån den begränsas af en strandvall, som såväl hvad höjd som bredd angår betydligt öfverträffar den vid Bavnemose och hvars hufvudsakligast af flinta bestående material i motsats till den senares är synnerligen väl rundadt. En-

ligt hvad godsägare LAVAETZ uppgaf, hade man vid ett, om icke flera tillfällen uppgräft sköldpaddlämningar i Nordremosé, men kunde han ej lämna några närmare upplysningar om fynden.

25. Banemose, mellan Rörby och Uggerlöse, omkring 6 km. SO om Kallundborg. Ett på 3 m:s djup funnet ryggskal, K. Z. M. enligt WINGE.

26. Svallerups mosse, cirka 9.5 km. SO om Kallundborg. Ett rygg- och ett bukskal, K.-Z. M. enligt WINGE.

27. Agnsö, omkring 15 km. OSO om Kallundborg. Skallämningar, K. Z. M. enligt WINGE.

28. Maglemose vid Mullerup, belägen vid pass 15 km. NV om Slagelse. Bland de talrika vertebrater, hvilka SARAUEW (1903, s. 194—198) anför från den af honom påvisade och beskrifna stenåldersboplatsen i denna mosse, är äfven kärrsköldpaddan. Af denna har man likvisst endast anträffat ett fragment af ett bukskal. Från hvilket lager fyndet förskrifver sig, har SARAUEW (1911, s. 103) sig ej bekant. Att döma af artens nuvarande lefnadsförhållanden synes det dock antagligast, att exemplaret i fråga lefvat här vid tiden för »vandtörvens» (detritusgyttjans) afsättning och icke sedan skogen utvandrat å mossen. Då därtill kommer, såsom i det följande skall visas, att de sköldpaddor, hvilka äro funna i Skånes, till sin allmänna byggnad med Maglemose väl öfverensstämmande mossar, i samtliga fall, då deras lägen kunnat närmare angifvas, varit inneslutna i den torfven underlagrande detritusgyttjan, är väl också ganska sannolikt, att nämnda skalfragment i likhet med större delen af öfriga vertebratlämningar legat i »vandtörven». Om så vore, skulle tydligen denna omständighet vara ganska upplysande i afseende på tiden, då sköldpaddan här lefvat, enär SARAUEW med ledning af de i samma gyttja gjorda fynden i öfrigt — djur- och växtfossil samt artefakt — trott sig kunna bestämdt angifva lagrets ålder. Med hänsyn till djur- och växtlämningarna förlägger han nämligen gyttjans plats inom det postglaciala tidsschemat till *Ancylustidens* senare del. Hvad åter beträffar den geologiska period, under hvilken gyttjan afsattes, uttalar SARAUEW (1903, s. 309) den åsikt, att man på grund såväl af de inlagrade ben- och stenredskapen som af andra omständigheter, däribland särskildt frånvaron af lerkärl, måste antaga, att ifrågavarande gyttjelager bildats under ett tidsskede äldre än det, hvarifrån de äldre kökkenmöddingarna förskrifva sig, och närmast motsvarande Frankrikes »asylien». Nämnda tolkning af gyttjelagrets geologiska ålder har emellertid ej lämnats obestridd. Sålunda har SERNANDER (1908, 392—393) genom sina undersökningar i Maglemose kommit till det resultat, att kulturlagren, d. v. s. detritusgyttjan och närmast påföljande *Cladium-Phragmitestorf* blivit afsatta i atlantisk och ofvanliggande stubblager i subboreal tid. Med hänsyn åter till det postglaciala tidsschemat förlägger samme författare kulturlagrens afsättning till något skede af tiden för *Litorinahafvets* transgression. MENZEL (s. 228) däremot hänför bildningen af samtliga, kulturlämningar förande lager till boreal tid. L. KOCHS (s. 12) iakttagelser stå i öfverensstämmelse därmed, och samme författare har därtill trott sig kunna påvisa, att skogens utvandring på mossen likaledes ägt rum redan under nämnda

tidsskede. Hvad åter beträffar SARAUWS uppfattning af kulturlagrens arkeologiska ålder, torde alla vara ense om, att den är riktig.

29. Veddinge mosse, belägen omkring 18 km. SO om Nykjöbing. Enligt en i tidningen Vort Land för den 12 aug. 1917 förekommande notis, hvarpå kammarherre HANNIBAL SEHESTED haft vänligheten göra mig uppmärksam, hade kort förut vid torftäkt i denna mosse anträffats en sköldpadda. Notisens riktighet har bekräftats af dr TULINIUS, som likväl ej kunnat lämna närmare underrättelser om fyndet.

Fyen.

Rörande kärrsköldpaddans fossila förekomst på denna ö är föga känt. Visserligen uppgifver STEENSTRUP (1870, s. 290), att lämningar af arten anträffats därstädes, men några fyndorter anföras ej. Ifrågavarande sköldpaddlämningar, hvilka under STEENSTRUPS tid blefvo insända till Köpenhamns Zoolog. Museum, ha emellertid ej kunnat återfinnas, en omständighet, som säkerligen endast härrör från de brister i etiketteringen, hvilka i regel pläga vidlåda äldre samlingar.

Langeland.

30. Maglemose vid Hjortholm, omkring 13 km. SSO om Rudkjöbing. Ett rygg- och ett bukskal, K. Z. M. enligt STEENSTRUP (1860, s. 335).

31. Dagsmose, N om Fodstelle by i socknen med samma namn. Ett ryggskal, funnet vid torftäkt på cirka 2.2 meters djup, Langelands museum, A. 3279, enligt uppgift, som i skrifvelse af den 26 dec. 1912 välvilligt lämnats mig af museets föreståndare, hr J. WINTHER.

På annat ställe i samma mosse ett defekt ryggskal, ett fullständigt och ett defekt bukskal m m., Langelands museum, A. 3695, enligt J. WINTHER.

Från »Dawsmose», hvilken enligt WINTHERS uppgift är identisk med Dagsmose, anför STEENSTRUP (1860, s. 335) fyndet af ett i K. Z. M. förvaradt ryggskal.

32. Gammellung Mose vid Illeby i Lindelse socken. Fragment af ett bukskal, Langelands museum, A. 3258, enligt WINTHER.

33. Troldebjerg. Från en därinvid, nära intill östra kanten af Gammellung Mose belägen, åren 1906—1907 af WINTHER undersökt stenåldersboplats äger Köpenhamns Zoolog. Museum enligt WINGE ett fragmentariskt bukskal. Det är detta fynd, som ligger till grund för JUNGERSSENS (s. 34) uppgift, att sköldpaddan anträffats i en kjøkkenmödding från »yngre stenåldern». Rörande de i kulturlagret gjorda fynden har WINTHER endast beskrifvit några ornamenteringsredskap, men enligt mig benäget lämnad uppgift har han därsammastädes jämte sköldpaddskalet, hvars läge kunnat noga angifvas, insamlat dels talrika lämningar af andra vertebrater, dels flintredskap i mängd. Efter hvad de senare angifva, förskrifver sig ifrågavarande kulturlager från *gånggriftstiden*.

Bornholm.

34. Ej närmare angifvet fyndställe i Vestermarie socken. Lämningar af ett exemplar, K. Z. M. enligt WINGE.

Beträffande det eller de fynd, hvilka ligga till grund för NILSSONS (1860, s. 21) uppgift, att sköldpaddan anträffats fossil å Bornholm, har det ej lyckats mig att erhålla några upplysningar. Denna hans uppgift kan tydligen ej afse fyndet från Vestermarie s:n, enär detta ej förrän 1876 inkom till nämnda museum.

Jutland.

35. Mosse mellan Juulsö och Borresö, nära Himmelberget. Ett rygg- och ett bukskal, K. Z. M. enligt WINGE.

36. Ej närmare angifven fyndort vid nedre delen af Gudenaä. Ett ryggskal, K. Z. M. enligt WINGE.

37. Donnemose ä Helgenæs, Ö om Aarhus. Fragment af en buksköld från 3 m:s djup, K. Z. M. enligt WINGE.

Utom de från ofvan angifna lokaler anförda fynden af fossil kärrsköldpadda förvaras enligt WINGE i Köpenhamns Zoolog. Museum sedan STEENSTRUPS tid åtskilliga andra, som sakna ursprungs-beteckning och rörande hvilka man endast har sig bekant, att de förskrifva sig från Danmark.

Schema angifvande de olika tidsskeden, under hvilka kärrsköldpaddan, i enlighet med hvad ofvan påvisats, lefvat i Danmark:

| Fyndorter | Klimatperioder (enligt SERANDER) | Geologiska perioder (enligt MUNTHER) | Arkeologiska perioder |
|-------------|--|---|--|
| Troldebjerg | Atlantisk | Litorinahafvets regression | Gånggriftstid (enl. WINTHER) |
| Nivaa | | Litorinahafvets maximumstånd | Äldre kökkenmöddingtid (enl. WINGE) |
| (Maglemose) | | Litorinahafvets transgression | Asylien (enl. SARAUE) |
| Bavnemose | Boreal | Ancylustid | |

D. Sverige.

Tid efter annan har man i Skånes torfmossar funnit skal- och benlämningar af kärrsköldpaddan. Att döma af de talrika exemplar, af hvilka dylika lämningar tillvaratagits och befinna sig i våra museer eller i enskild ägo, torde arten hafva varit tämligen allmän i Skåne. Dess fossila förekomst såväl i Östergötland som på Öland har äfven påvisats, ehuru fynden från dessa landsdelar äro få. Denna sistnämnda omständighet kan visserligen i någon mån bero därpå, att torfmossarna därstädes ej äro så grundligt bearbetade som i Skåne, men torde för öfrigt hafva sin naturliga förklaringsgrund i dessa traktens nordligare läge.

SVEN NILSSON (1842, s. 11) höll en gång det ej för »absolut omöjligt, att kärrsköldpaddan för kort tid sedan lefvat eller till och med ännu kunde lefva i någon kärraktig trakt i södra Skåne», men oaktadt trägen uppmärksamhet alltsedan dess egnats denna fråga, har intet framkommit, som skulle kunna räknas som stöd för den af NILSSON antydda möjligheten. Vid undersökningen rörande denna sköldpaddas nutida utbredning har man naturligtvis att särskildt vakta sig för de felslut, hvartill människans åtgöranden lätt skulle kunna gifva anledning. Det är ju ganska vanligt, att från sydligare länder hemvändande resenärer medföra sköldpaddor, särskildt ofta exemplar af just här ifrågavarande art, och dylika djur tillhandahållas för öfrigt på många ställen rent af såsom en handelsvara. Det händer också ej så sällan, att förrymda eller utsläppta individ anträffas i närheten af städer eller andra tätt bebyggda platser. Exempel härpå föreligga icke allenast från Skåne utan äfven från andra delar af vårt land. Såväl från nämnda provins som från Småland, Östergötland, Västmanland och Stockholmstrakten känner man nämligen fall, då dylika ur fångenskapen undslupna sköldpaddor, lämnade åt sig själfva, återfunnits lefvande efter att hafva tillbragt en eller annan vinter i det fria.

Såsom ett exempel på dylika fall må särskildt omnämnas, hurusom en kärrsköldpadda, enligt hvad prof. HJALMAR NILSSON benäget meddelat mig, påträffats lefvande icke mindre än 10 år sedan hon kommit ut. Tvenne i Hamburg inköpta exemplar, hvilka hållits fångna i Svalöf, försvunno nämligen 1905 därifrån, utan att man visste, hvart de tagit vägen. Ett af dem återfanns emellertid ett par år senare i en omkring 300 m. från Svalöf belägen vattenfylld mangelgraf. Under de därpå följande åren till och med 1913 har man kunnat konstatera, att åtminstone ett af exemplaren i fråga kvarlefvat därstädes. Under 1914 iakttogs ej någon af sköldpaddorna, men sommaren 1915 anträffades en af dessa i närheten af Svalöf. Ryggskalets längd, som hos ifrågavarande exemplar 1905 uppgick till knappt 15 cm., hade under de följande tio åren ökat till omkring 18 cm., och sköldpaddans hösten 1915 iakttagna vikt uppgick till 880 gr. Då sköldpaddan i början af juni följande år ånyo infångades, mätte hennes ryggskal 18 cm. i längd, under det att kroppsvikten befanns hafva minskats till 775 gram.

Enligt uppgift, som godhetsfullt lämnats mig af rektor L. M. NEUMAN, tillvaratogs hösten 1902 vid egendomen Bjeresjöholm (3 km. från Ystad) en kärrsköldpadda, som anträffades spatserande å ett sockerbetsfält. Detta exemplar afvek från den typiska formen därigenom, att ryggskalets epidermis ej var såsom hos denna tecknad med gula punkter och fläckar, utan så godt som alldeles enfärgad. Trots de förfrågningar, som då ställdes såväl direkt till enskilda personer i trakten som genom ortens tidningar till en större allmänhet, anmälde sig ej någon som ägare till denna sköldpadda, och synes det därför sannolikt, att hon vid tillvaratagandet redan länge varit i frihet. Visserligen uppgafs, att en dylik, till färgen fullkomligt öfverensstämmande, ehuru ej fullt så stor sköldpadda, hvilken hållits fången å en omkring 8 km. från Bjeresjöholm belägen egendom, Rynge, omkring 15 år förut försvunnit därifrån, men då exemplaret ej varit märkt, är det naturligtvis omöjligt att bestämdt säga, att det varit detta, som infångats vid Bjeresjöholm. Att så kunnat vara förhållandet, synes mig emellertid ganska tänkbart. Det jämförelsevis betydliga afståndet mellan dessa båda egendomar har nämligen härvidlag föga att betyda, enär tre fjerdedelar af den väglängd, sköldpaddan skulle behöft tillryggalägga, förmedlas af vattendrag och mellanliggande trakt dessutom är rik på kärrhålur. Förutsatt att de båda exemplaren vore identiska, skulle ryggskalets längd under de 15 år, sköldpaddan varit ute i det fria, hafva ökats från omkring 13—14 cm. till cirka 18 cm.

Ett sköldpaddfynd, som tilldrog sig ganska stor uppmärksamhet, var det som gjordes 1912 i sjön Åsnen i Småland. Enligt en i n:o 62 af Smålandsposten för 26 april nämnda år förekommande notis hade nämligen godsägaren J. G. PETTERSSON å Sjöby jämte kand. A. FORNANDER samma dag vid vittjandet af en i denna sjö utsatt ryssja anträffat en lefvande, 18 cm. lång »kärrsköldpadda (*Emys lutaria*)». Efter hvad hr PETTERSSON, som tillvaratog djuret, meddelat mig, försvann detta efter omkring en månad, innan någon fackman varit i tillfälle att kontrollera artbestämningen. Uppgiften att exemplaret i fråga skulle tillhöra *Emys lutaria* (= *E. orbicularis*) var tydligen endast en obestyrkt gissning. Enligt en i n:o 69 af nämnda tidning för samma år intagen notis skulle tvenne sköldpaddor 1908 hafva rymt från en i närheten af Åsnen belägen gård, och höll man för troligt, att det nu funna exemplaret skulle varit den ena och ett 1910 i samma sjö anträffadt exemplar den andra af rymlingarna i fråga. Men då det vidare uppgafs, att de båda sköldpaddorna skulle ha varit importerade från Amerika, där *E. orbicularis* ej förekommer, måste de sistnämnda exemplaren hafva tillhört någon annan art, så vida de ej helt enkelt af den från Amerika återvändande resenären inköpts någonstades på hemvägen, såsom t. ex. i Hamburg eller Köpenhamn.

Af det anförda torde sålunda framgå, att de nuvarande klimatförhållandena i södra Sverige ej lägga några hinder i vägen för sköldpaddans fortlefvande därstädes såsom *individ*. Däraf följer emellertid ingalunda, att *arten* inom samma landsdelar också skulle kunna fortlefva och fortplanta sig, något som dock hittills ej på-

visats och som för öfrigt på grund af skäl, hvilka längre fram skola anföras, har föga sannolikhet för sig.

Beträffande de i det följande angifna fyndorterna för fossil kärrsköldpadda torde bemärkas, att jag endast fäst afseende vid erhållna fynduppgifter i de fall, då de anträffade lämningarna genom sakkunnig undersökning kunnat kontrolleras eller uppgift om fynden redan föreligger i den vetenskapliga litteraturen.

Östergötland.

1. **Norsholm** i Kimstads socken. Det första i vårt land närmare kända fynd af fossil kärrsköldpadda var det, som gjordes 1820 i närheten af Norsholm, vid gräfningen af Göta kanal. Enligt J. W. DALMAN (s. 286—293), som beskrifvit detta fynd, anträffades här ett i det närmaste fullständigt ryggskal af svartbrun färg, ett rygg- och ett bukskal, hvilka han förmodar hört tillsammans samt åtskilliga »inre ben och ryggkotor». Å de båda sistnämnda skalen, som voro af kaffebrun färg, funnos fragment af en med svarta och hvita fläckar tecknad epidermis. Samtliga dessa lämningar uppgifvas hafva legat »på 15 fots djup under jordytan, i grusåsen vid Noraskogsvägen nära intill svartjordshålan». Enligt MUNTHER (1895, s. 163—164) skall fyndorten vara belägen 1.5 km. Ö om Norsholms järnvägsstation, men själfva platsen, där fossilen uppgräfts, har ej kunnat återfinnas. Fyndet i sin helhet förvaras i Riksmuseum. Rörande NILSSONS åsikt om dessa sköldpaddor se nedan å sid. 44.

Från **Regnaholm** i Regna socken anför DALMAN (s. 293*) ett annat äldre sköldpaddfynd, om hvilket likväl i det stora hela föga är bekant. Enligt honom af major (J. G.) GYLLENKROOK lämnad uppgift »träffades redan för längre tid sedan vid gräfning af ett djupt dike hela benbeklädningen af en sköldpadda, så fullständig att äfven fötterna voro bibehållna. Detta fynd skedde likaledes i Östergötland, vid Regnaholm, uti en ganska vild, obebodd skogstrakt, till hvilken först i senare tid någon väg blifvit anlagd.»

Öland.

2. **Öij mosse** i Köpings socken. SVEN NILSSON (1842 s. 10) erhöll hösten 1841 af dåvarande med. kand., sedermera provinsialläkaren dr TH. C. FORNANDER flera skalfragment af en fossil kärrsköldpadda, hvilken uppgafs vara anträffad i Öja mosse på Öland. Men då något ställe med namnet Öja ej finnes på Öland, afser tydligen nämnda uppgift, såsom MUNTHER påvisat, den omkring 6.5 km. OSO om Borgholm belägna Öij mosse, som enligt MUNTHER och HEDSTRÖM (s. 112—113) upp dämmas af Ancyclusgränsvallen. Ifrågavarande skalfragment, hvilka tillhöra

bakre delen af ryggskalet, förvaras i Lunds Zoolog. Museum, där de bland mossfynden inneba n:o 493.

NILSSON omnämner äfven en i samma mosse som sköldpaddan »jämte henne» funnen, af FORNANDER likaledes öfverlämnad »benkota», hvari skulle varit ett hål, som påtagligt blifvit gjordt med borrh.

Skåne.

3. Genarps mosse i socknen af samma namn. Förteckningen öfver mossfynden i Lunds Zoolog. Museum upptager under n:o 736 ett 1875 inköpt fragment af bukskölden af en fossil kärrsköldpadda, hvilket enligt af säljaren lämnad uppgift skulle vara funnet i en mosse med detta namn, men då någon sådan ej är bekant, kan platsen nu ej bestämmas. Möjligen afser uppgiften den SO om Genarps kyrka mot Häckeberga sig sträckande mossen, hvilken är den enda af någon betydenhet inom socknen. Hela skelettet lär hafva påträffats, men endast förutnämnda skalfragment tillvaratogs.

Samtidigt med sköldpaddskalet inköptes till museet ett i samma mosse på 2.4 meters djup funnet kranium af »en stor hundras, möjligen varg» som det heter i förvärfskatalogen, men huruvida dessa fossil förekommit tillsammans, framgår ej af de gjorda anteckningarna.

4. Mosse å ägora till Gräfvie by i Nefvitshögs socken. Såsom fyndställe för en sommaren 1839 vid torfupptagning anträffad fossil kärrsköldpadda uppgifver SVEN NILSSON (1839, s. 194—211) »en torfmosse vid Gräfve af Brågarps pastorat», men då ingen mosse med detta namn förefinnes inom Brågarps socken, afses säkerligen någon inom Gräfvie byområde i annexförsamlingen Nefvitshög belägen mosse. Att med bestämdhet angifva dennas läge låter sig visserligen ej göra, äfven om det synes vara sannolikt, att en S om Gräfvie by befintlig, numera i det närmaste utskuren torfmosse varit den, som af NILSSON betecknats med ifrågavarande namn. Efter hvad f. riksdagsmannen JÖNS BENGTSSON i Gullåkra benäget meddelat, bearbetades nämligen vid den tid, då fyndet gjordes, uteslutande denna mosse. Af sköldpaddan hade tillvaratagits större delen af ryggskalet samt främre hälften af bukskalet, hvilka lämningar af NILSSON skänktes till Lunds Zoolog. Museum, där de bland mossfynden återfinnas under n:o 499. Enligt NILSSONS utsago hade fyndet gjorts vid torfskärning »på 8 fots djup i fasta torfjorden och ungefär 1 fot från dess botten». Vidare uppgifver NILSSON, att »i samma mosse och på samma djup med sköldpaddan funnos i torfven calcinerade skal af åtskilliga sötvattenssnäckor och musslor, som ännu lefva i Skånes träsk, t. ex. *Paludina impura*, *Valvata cristata*, *Cyclas cornea* m. fl.» Med den fasta torfjord, hvari sköldpaddan låg, afser NILSSON säkerligen den mörka, torfven närmast underlagrande gyttja, som af torfarbetarna är känd under det synnerligen betecknande namnet »lefvertorf» (eller torflefver). I motsats till den egentliga torfven är denna gyttja ofta kalkhaltig, på grund hvaraf däri inbäddade molluskskal liksom skelettlämningar af vertebrater i regel äro synner-

ligen väl bevarade. Det har också visat sig, att i samtliga fall, då de i fossilt tillstånd anträffade sköldpaddornas läge kunnat närmare angifvas, fynden förskrifva sig från nämnda gyttja eller »lefvertorf». I de mossar, där torfvens mäktigare partier för längre tid sedan tillgodogjorts och torftillgången numera är knapp, samtages vanligen den på växtlämningar äfven rika »lefvertorfen» med den för beredning af bränntorf uppskurna egentliga torfven. Håri torde man hafva förklaringsgrunden till, att så pass många sköldpaddfynd blifvit gjorda i senare tid.

NILSSON (1839, s. 208) trodde sig kunna påvisa vissa olikheter i afseende på skelettet mellan den fossila sköldpadda, af hvilken exemplar påträffats såväl här som vid Norsholm, och den nu i mellersta och södra Europa lefvande arten, och var det på grund däraf, som han uppställde den hos oss funna formen såsom en särskild varietet, *Emys lutaria* BONAP. var. *borealis*. Genom nya undersökningar kom emellertid NILSSON (1860, s. 19) sedermera till det resultat, att de nämnda olikheterna endast voro af individuel natur, och att ifrågavarande exemplar äro att anse som fullt identiska med den typiska arten.

5. Torfmosse å ägorna till Särslöf n:o 15 i socknen med samma namn. Närmare angifvet är den belägen omkring 0,7 km. OSO om kyrkan, på ett afstånd af cirka 0,35 km. från det ställe, där Torrebergabäcken upptages af Segeån. Från denna mosse äger Malmö museum ett fullständigt och ett något defekt ryggskal af kärrsköldpadda, hvilka enligt påskrift äro skänkta 1871 af hemmansägaren ANDERS NILSSON i Särslöf. Fyndstället för dessa skal är ej angifvet, utan har upplysning därom först erhållits vid ett mitt besök 1885 i nämnda by. ANDERS NILSSON hade visserligen då för längesedan lämnat orten, men efter hvad en hans f. d. granne, kyrkovärden JÖNS NILSSON i Särslöf, uppgaf, skulle sköldpaddlämningarna förskrifva sig från den allra nordligaste delen af ifrågavarande mosse. För närmare upplysningars erhållande hänvände jag mig sedermera till ANDERS NILSSON (då bosatt i Ö. Kattarp i S. Sallerups socken), som icke allenast vitsordade JÖNS NILSSONS uppgift utan därtill hade åtskilligt att meddela rörande såväl dessa som andra i mossen gjorda sköldpaddfynd. Enligt hans utsago härrörde de båda ryggskalen från tvenne, omedelbart intill hvarandra liggande sköldpaddor, af hvilka den ena krossats af det vid torfupptagningen använda redskapet. Såväl dessa som de vid flera senare tillfällen, likaledes i mossens norra del, anträffade sköldpaddorna uppgåfvos hafva legat i det kalkhaltiga, på snäckskal rika lager, som närmast underlagrade den numera öfverallt uppskurna torfven, en uppgift som för ett af fyndens vidkommande bekräftats af kyrkovärden OLA JÖNSSON i Särslöf, hvilken vid den tid, då detta gjordes, uppskar torf i mossen. Samtliga dessa fynd sade ANDERS NILSSON sig likaledes hafva skänkt till Malmö museum. Utom meranämnda båda etiketterade ryggskal förvaras därstädes dels tvenne alldeles oskadda sådana, dels trenne bukskal, af hvilka ett är för stort och ett för litet för att kunna hafva hört samman med något af ryggskalen. Fastän någon fyndort ej heller är angifven för dessa sistförvärfvade sköldpaddlämningar, torde det likväl på grund af sistnämnda, af ANDERS NILSSON lämnade uppgift vara ganska sannolikt, att de samtliga likaledes förskrifva sig från

Särslöfs mosse, där i dylikt fall skulle hafva anträffats minst sex exemplar af arten.

Då jag sommaren 1915, åtföljd af OLA JÖNSSON, ånyo besökte denna mosse för att närmare undersöka det sköldpaddförande lagret, var det med ledning af de erhållna uppgifterna ganska lätt att återfinna detta. Det visade sig därvid, såsom man redan på förhand kunde hafva anledning antaga, att ifrågavarande lager utgjordes af detritusgyttja. Denna hvilar under en tunn betäckning af orubbad torf, hvarpå följer ett mäktigt, hufvudsakligast af från den närbelägna branta mosskanten utfluten sand och mylljord bildadt lager.

I *detritusgyttjan* anträffades följande fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Pinus silvestris</i> , frön. |
| <i>Betula odorata</i> , hängfjäll. | <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. |
| <i>B. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cosmarium sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex filiformis</i> , 1 frukt. | <i>Gloeotrichia sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>C. sp.</i> , 1 nöt. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Caryophyllacé</i> -frön. | <i>Rhyncolus nitidipennis</i> , täckvinge (enl. |
| <i>Chenopodiace</i> -frön. | BENGTSSON). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 3 nötter. | <i>Anodonta cygnea</i> . |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa peregra</i> . |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>L. sp.</i> , skalfragment. |
| <i>Nymphaea alba</i> , frön. | <i>Valvata cristata</i> m. fl. mollusker. |

Torfvens bottenlager.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Polygonum sp.</i> , 1 nöt. |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). |
| <i>B. odorata</i> , hängfjäll. | <i>P. cfr. cristatum</i> , sporer (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex sp.</i> , 1 nöt. | <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. |
| <i>Chenopodiace</i> -frön. | <i>Sparganium ramosum</i> , 1 fruktsten. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Conferva bombycina</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , frön | <i>Oligochaeta</i> , kapslar. |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> , nötter med kvar- | |
| sittande kärlsträngar af hyllet. | |

6. **Mosse vid Roslätt** i Svedala socken. Bland fyndställen för fossil kärrsköldpadda anför SVEN NILSSON (1860, s. 21) en torfmosse vid Roslätt, men om han därmed afser någon kärrhåla i närheten af denna gård eller en dithörande, omkring 1 km. österut belägen, större mosse, hvarest torftäkt ägt rum sedan långt tillbaka, torde numera ej kunna afgöras. Hvad själfva fyndet beträffar, är ej heller därom närmare känt.

7. **Möllemossen** i Törringe socken, den sydligaste af de kärrhålor, som befinna sig inom de SO om kyrkan sig utbredande, numera genom Segeåns uppränsning torrlagda kärrmarker, hvilka med ett gemensamt namn kallas Svenstorps ängar.

Den är belägen omkring 1,7 km. SO om kyrkan, strax V om sockengränsen mot Svedala och något N om nämnda å. Enligt uppgift, som 1885 benäget lämnats mig af grefve TAGE THOTT å Skabersjö, hade någon tid förut vid torfupptagning i denna mosse anträffats ryggskalet af en kärrsköldpadda, hvilket, öfverlämnadt till honom, fortfarande befinner sig i hans ägo. Det är samma fynd, som omnämnes af HOLST (1888, s. 475). Efter hvad jägaren vid samma gård, SVEN MÅRTENSSON, som tillvaratog skalet, meddelat mig, var detta funnet af torfskärare SVEN OLSSON i Risarp på omkring 1,8 meters djup, underst i »lefvertorfven». Fastän fyndplatsens läge ej kunde närmare angifvas, ansåg jag mig det oaktadt böra undersöka de lager, hvilka möjligen ännu voro tillgängliga i mossen och bland dylika i all synnerhet »lefvertorfven». Den tillämnade undersökningen företogs emellertid först på hösten 1911.

Möllemossen är en i det närmaste utskuren, under vanliga förhållanden vattenfylld kärrhåla, hvars med *Equisetum fluviatile* bevuxna yta vid nämnda tillfälle var så pass torr, att den på ett och annat ställe kunde beträdas. Af de ursprungliga torflagren funnos endast kvar partier af bottenlagret, hvilket likvisst mångenstädes var helt och hållet bortfördt. Fastän förhållandet i regel var detsamma med »lefvertorfven», d. v. s. detritusgyttjan, lyckades det mig dock att anträffa orubbade partier af denna i en profil, som upptogs nära intill den södra mosskanten¹. Vid beskrifningen af detritusgyttjan skilja vi mellan dennas undre och öfre del.

¹ Vid där företagen borrhning har det visat sig, att mossens underlag utgöres af sötvattenslera, som mot djupet öfvergår i sand. Då denna lera ej varit föremål för närmare undersökning, kan ej afgöras, huruvida den är senglacial i likhet med den sötvattenslera, som jag vid ett föregående tillfälle funnit blottad på flera ställen norrut, i de vid Segeåns uppränsning erhållna skärningarna. Af ingenjör OTTO NILSSON uppmärksamgjord på de talrika vertebratfynd, hvilka blifvit gjorda därstädes, hade jag nämligen sommaren 1885 företagit en vandring utmed ån från Skabersjö gård söderut, hvarest arbetet då fortgick. Efter hvad de här sysselsatta arbetarna meddelade, skulle man både i torfven (gyttjan?) och underliggande lera funnit lämningar af större vertebrater. Af dylika hade emellertid i torfven endast bemärkts ett och annat ben, som ej tillvaratagits, samt några hornfragment, hvilka på beskrifningen sannolikt varit af hjort. I leran hade däremot på åtskilliga ställen anträffats renhorn. Särskilt i en V om Skabersjö station, nära intill järnvägen befintlig; af ån bildad göl hade dylika iusamlats i mängd. Tillsammans med hornen, af hvilka åtskilliga sades hafva varit kvarsittande vid skallarna, voro anhopade talrika ben, hvilka liksom många af hornen blifvit försålda till uppköpare för att slutligen hamna i benstampen. Af hornen blefvo likväl åtskilliga räddade från förstörelse. Sålunda hade grefve THOTT lyckats förvärfa flera vackra exemplar, däribland ett med vidsittande fragment af skallen. Dessutom uppgafs ett och annat vara inköpt af andra intresserade personer. Själf fann jag några fragmentariska renhorn i den ännu utmed ån kvarliggande, uppkastade dikesvallen. Däremot var det mig ej möjligt att komma öfver några af de tillsammans med hornen funna benen. Jag kunde sålunda ej förvissa mig om, att äfven dessa senare verkligen härrörde af ren, något som annars på grund af fynden tycktes vara sannolikt. Å ett lägre i S beläget ställe hade kort före min ankomst vid lerlagrets genomgräfning anträffats ett fäldt renhorn (Lunds Zool. Museum n:r 749), hvilket uppgafs hafva legat omedelbart på åns nuvarande botten. Vid närmare undersökning af de såväl härifrån som från förutnämnda göl medtagna profven af leran, har denna befunnits vara senglacial, något som man tydligen redan på förhand kunde hafva anledning antaga.

a. *Detritusgyttjans undre*, med kalk rikligt uppblandade del.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.
Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex vesicaria, frukter.
C. spp., nötter.
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum verticillatum, delfrukter.
M. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Nymphaea alba, frön.
Nymphaeacé-pollen (enl. LAGERH.).
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polypodiace-sporangium, -sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Ranunculus Flammula, nötter.
Scirpus lacustris, nötter.
Anabaena sp. (enl. LAGERH.).

Chroococcacéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 5 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Limnæa peregra.
L. stagnalis.
Pisidium milium.
P. nitidum.
Planorbis nautilus.
P. parvus.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocerer.
Oligochæta, kapslar.

b. *Gyttjans öfre*, mörkare, föga kalkhaltiga del.

Fossil:

Alisma Plantago, frukter.
Batrachium sp., nötter.
Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex spp., nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Menyanthes trifoliata, frön.
Nymphaea alba, frön.
Enanthe Phellandrium, 1 delfrukt.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Scirpus lacustris, nötter.
Sparganium ramosum, fruktstenar.

Spargarium sp., fruktstenar.
Umbellifer-pollen (enl. LAGERH.).
Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Tetraëdron muticum (enl. LAGERH.).
Erirrhinus sp., täckvinge (enl. BENGTESSON.).
Planorbis nautilus.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocer.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.

Närmast på detritusgyttjan följer, därifrån föga skarpt begränsadt, mossens nuvarande ytlager, som bildas af såväl äldre, omlagrad som recent torf, och därjämte äfven af gyttja. Rörande beskaffenheten af den torf, som bildat öfriga i Möllemossen afsatta, numera tillgodogjorda lager, är endast känt, att en och annan ekstam samt hasselnötter varit inbäddade däri. Efter hvad från olika håll uppgifvits, skall man vid ungefär samma tid som sköldpaddskalet anträffades, i torfven eller »lefvertorfven» hafva uppgräft skelettdelar af något större djur, men närmare underrättelse om detta fynd ha ej stått att erhålla.

8. **Hästräfvsmossen**, i Arrie socken, angifves af HOLST (1911, s. 111) såsom fyndställe för en kärrsköldpadda. Vid torftäkt i denna, omkring 1,5 km. OSO om

kyrkan, å ägorna till Arrie n:r 17 belägna mosse skall man nämligen hafva anträffat en stor, numera förstörd ryggsköld, som legat »på bottnen» under torfven. Vidare uppgifves ett älghorn vara funnet i samma mosse, där för öfrigt ben af häst och nötkreatur vid olika tillfällen uppgräfts. Samtliga dessa uppgifter hade af mossens ägare, hr ANDERS HANSSON, lämnats HOLST vid dennes rekognoceringsarbeten å kartbladet Börringe, efter hvad han i skrifvelse af den 24 maj 1905 benäget meddelat mig.

9. Mosse inom Fuglie socken. Enligt SVEN NILSSON (1839, s. 210—211) skall en fossil kärrsköldpadda hafva anträffats i en torfmosse vid Fuglie. Att nu, så långt efteråt och endast med ledning af nämnda uppgift närmare bestämma fyndställets läge, låter sig naturligtvis ej göra. Vid efterforskningar i socknen har det emellertid visat sig, att fyndplatsen ej, såsom man skulle kunna förmoda, kan hafva varit belägen i närheten af kyrkbyn, enär inga mossar finnas där. Såsom kommunalordföranden, hr N. ROBERT, benäget meddelat mig, vill det snarare synas, som skulle fyndstället vara att förlägga till en omkring 1,1 km. OSO om kyrkan, i ägorna till kronolägenheten n:o 8 befintlig torfmosse, den enda inom byområdet, i hvilken i mannaminne torftäkt ägt rum. Af sköldpaddan i fråga, som enligt NILSSONS dagboksanteckning af den 8 aug. 1840 fanns 1837 och då var alldeles fullständig, hade endast tillvaratagits några fragment af bukskalet. Dessa blefvo af en, i Trelleborgstrakten bosatt, af NILSSON mycket anlitad uppsamlare af fornsaker, gemenligen kallad OLA KORGAMAN, försålda till prosten JEAN BRUZELIUS i Tomarp, som öfverlämnade dem till NILSSON vid ett dennes besök därstädes i augusti 1840. Fyndet förvaras i Lunds Zoolog. Museum under n:o 495.

NILSSON anför från samma mosse äfven fyndet af en flintlans, hvilken af honom likaledes förvärfvats

10. Kärrhåla vid Haglösa militiæboställe i Lilla Slågarps socken. En fossil kärrsköldpadda, af hvilken ryggskalet med delvis ännu vidsittande epidermis samt bukskölden tillvaratagits, skänktes 1863 af boställets dåvarande innehafvare, major G. F. LÖWENHJELM, till Lunds Zoolog. Museum. Enligt anteckning i katalogen öfver mossfynden ha ifrågavarande, under n:o 735 upptagna lämningar anträffats vid Haglösa på betydligt djup, men fyndplatsen är ej närmare angifven. Efter hvad förutnämnde innehafvares son, öfverste G. LÖWENHJELM, godhetsfullt meddelat mig, var sköldpaddan funnen i en nära intill bostället befintlig, mindre kärrhåla, hvars närmare läge han dock på grund af de ombyggnader och andra förändringar, som i senare tid blifvit gjorda vid gården, ej ansåg sig nu kunna direkt beskrifva. För erhållande af vidare upplysning i denna sak hänvisade han emellertid mig till en där i närheten boende f. d. korporal JOHNSSON, som varit tillstädes, då sköldpaddan anträffades. Denne åtföljde mig till kärrhålan i fråga, som befanns vara belägen strax N om bostället och omkring 50 m. N om den väg, som från Haglösa by går rakt västerut. Beträffande själfva fyndet kunde JOHNSSON endast erinra sig, att detta gjorts underst i torfven på 5—6 alnars djup.

11. Öbjersmosse å ägorna till Grönby n:o 13 i socknen med samma namn. I Lunds Zoolog. Museum förvaras en 1858 af dåvarande studeranden, sedermera provinsialläkaren i Trelleborg, dr T. CHRISTELL skänkt fossil kärrsköldpadda, hvilken enligt samtidigt därmed lämnad uppgift hade tillvaratagits vid torfskärning i Grönby mosse. Efter hvad gifvaren i skrifvelse af den 14 mars 1907 godhetsfullt meddelat mig, afser denna hans uppgift Öbjersmosse, som är belägen omkring 0,8 km. NO om Grönby kyrka, och hade fyndet gjorts på ett djup af omkring 3 m. Af sköldpaddan äger museet rygg- och bukskalet samt 10 stycken ben, däribland bäcken, skulderblad, kraniefragment och kotor. I mossfyndförteckningen återfinnas dessa lämningar under n:is 505, 506 och 684.

Enligt uppgift, som likaledes lämnats mig af dr CHRISTELL, ha i samma mosse anträffats en väldig vildsvinsbete, ett större älghorn samt kraniet af en uroxe, hvilka lämningar af honom äfvenledes öfverlämnats till nämnda museum. Rörande de omständigheter, under hvilka dessa fynd blifvit gjorda, föreligga inga närmare underrättelser.

12. Mosse å ägorna till Saritslöf n:o 5, omkring 1,5 km. V om Skurups järnvägsstation, inom köpingen med samma namn. Enligt uppgift, som i skrifvelse af den 6 juni 1915 benäget lämnats mig af skollärare L. P. SÖDERLING i Skurup, hade kort förut vid torftäkt i denna mosse anträffats en fossil sköldpadda. Vid det besök jag i anledning däraf gjorde i Saritslöf, meddelade mig mossens ägare, hr MÅRTEN HANSSON, som varit närvarande, då exemplaret i fråga fanns, att detta legat i »lefvertorfven», omkring 10 cm. ofvan den därunder befintliga »snäckgyttjan». Af sköldpaddan, som krossats af spaden, hade tillvaratagits det något defekta rygg-skalet med delvis kvarsittande epidermis, större delen af bukskalet, skulderbenen, nyckelbenen, ett lårben, 2 halskotor, 1 svanskota samt bäckenet. I ett prof af den sköldpaddan närmast omgifvande »lefvertorfven» (detritusgyttjan), hvilket MÅRTEN HANSSON haft den omtänksamheten medtaga, har jag funnit ytterligare en halskota samt tvenne svanskotor, därjämte åtskilliga fragmentariska ben. Ryggskalets epidermis, som har en mörkbrun grundfärg, är tecknad med talrika ljusa fläckar af rundad eller något aflång form, hvilka endast undantagsvis sammanflyta. Med hänsyn härtill visar denna sköldpadda, i likhet med öfriga i Sverige och Danmark med bevarad epidermis funna exemplar, ganska stor öfverensstämmelse med den i Mecklenburg ännu kvarlevande arten, af hvilken STURM (Bog. 1,6, Taf. a) lämnat en afbildning. Fyndet i sin helhet har af MÅRTEN HANSSON skänkts till Lunds Zoolog. Museum, där det innehar n:r 753.

I en profil, som upptogs på ett afstånd af omkring 3 m. från det ställe, där sköldpaddan uppgräfts, befanns lagerföljden vara:

1 (Underst). . . . 30 cm. + *Lera*, gråaktig.

Den lera, som bildar *bottenlagret*, är rikligt uppblandad med groft grus och torde nedåt öfvergå i moränlera. I densamma ha inga fossil anträffats.

I sin *öfversta*, omkring 10 cm. mäktiga del är leran af mera sandig beskaffenhet, därtill mindre kalkhaltig.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.

Perca fluviatilis, fjäll.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
Pisidium nitidum.
Oligochæta, kapslar.

2. . . . 25 cm. *Pedistré-diatomégyttja*, gråaktigt brun, ej kalkhaltig.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex sp., dötter.
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Menyanthes trifoliata, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Salix sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chroococcacéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 4 spp. (enl. LAGERH.).

Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pedistrum Boryanum (enl. LAGERH.).
P. duplex (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Bythinia tentaculata.
Unionid, skalfragment.
Cladocer.
Spongilla lacustris, spiculæ (enl. LAGERH.).

3. . . . 40 cm. *Diatomé-detritus-kalkgyttja*, ljusbrun.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Cladium Mariscus, 1 nöt.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Pinus silvestris, frön.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chroococcacéer (enl. LAGERH.).
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 4 spp. (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeocapsa sp. (enl. LAGERH.).

Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
Fisk, skelettdelar.
Skalbagglämningar.
Bythinia tentaculata.
Cladocer.
Nephelis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Spongilla lacustris, spiculæ.
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

4. . . . Omkr. 50 cm. *Detritus-kalkgyttja*, gråaktigt brun.

Fossil:

Alnus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Betula alba, vinglösa frukter.
Ceratophyllum submersum, fruktstenar.
Chara-sporer.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Najas marina, 1 frö.
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Perca fluviatilis, fjäll.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. peregra.
Pisidium nitidum.
Planorbis albus.
P. complanatus.

| | |
|---|---|
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>P. contortus</i> . |
| <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. | <i>P. nautilus</i> . |
| <i>Scirpus</i> sp., nötter. | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Ulmus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Ostrakod</i> . |
| <i>Cosmarium</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Cladocer</i> . |
| <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>C. delicatula</i> (enl. LAGERH.). |

5. . . . 25 cm. *Detritusgyttja*, mörkbrun, tydligt skild från föregående lager. I detritusgyttjans undre, kalkhaltiga del, hvori sköldpaddan var innesluten, funnos följande

fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>B. verrucosa</i> , hängfjäll. | <i>Staurostrum</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex</i> cfr <i>Pseudocyperus</i> , frukter. | <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Ceratophyllum submersum</i> , fruktstenar. | <i>Microtus terrestris</i> , 1 tand (enl. O. HOLM- QVIST). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 1 nöt. | <i>Cyprinus</i> sp., fjäll. |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Esox lucius</i> , skelettdelar. |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. |
| <i>Najas marina</i> , frön. | <i>Acilius canaliculatus</i> , täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Nuphar luteum</i> , frön. | <i>Balaninus nucum</i> , täckvingar (enl. BENGTS- SON). |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Cymatopterus</i> sp., täckvingar (enl. BENGTS- SON). |
| <i>Nymphæacé-astrosklereider</i> (enl. LAGERH.). | <i>Geotrupes</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Graphoderes</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Hydrobius fuscipes</i> , täckvingar (enl. BENGTS- SON). |
| <i>Potamogeton crispus</i> , fruktstenar. | <i>Macrodytes</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS-SON) m. fl. skalbagglämningar. |
| <i>P. natans</i> , fruktstenar. | <i>Anodonta cygnea</i> . |
| <i>Quercus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Bythinia Leachi</i> m. fl. mollusker. |
| <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Tilia europæa</i> , frukter. | <i>C. delicatula</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Ulmus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | |
| <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). | |
| <i>Cosmarium</i> 5 spp. (enl. LAGERH.). | |
| <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). | |

Detritusgyttjans öfre, kalkfattiga del.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Ulmus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Botryococcus Braunii</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>B. odorata</i> , hängfjäll. | <i>Cosmarium</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>B. verrucosa</i> , hängfjäll. | <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Caltha palustris</i> , nötter. | <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. |
| <i>Carex</i> spp., nötter. | <i>Anchomenus</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Ceratophyllum submersum</i> , fruktstenar. | <i>Cychnus rostratus</i> , propleura (enl. BENGTS- SON). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 2 nötter. | |

Corylus Avellana, nötter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.), blad.
Salix caprea, blad.
Tilia europæa, frukter.
T. sp., pollen (enl. LAGERH.).

Macrodytes dimidiatus, täckvingar (enl. BENGTTSSON) m. fl. skalbagglämningar.
Anodonta cfr *cygnea*.
Bythinia tentaculata.
Cladocer.
Nephelis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Arcella polypora (enl. LAGERH.).
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).

6. . . . 45 cm. *Torf*, nästan svart, skarpt begränsad mot föregående lager.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, grenfragment.
B. odorata, frukter, hängfjäll.
B. verrucosa, frukter, hängfjäll.
Carex sp., frukter.
C. spp., nötter.
Ceratophyllum submersum, fruktstenar.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Nymphæa alba, frön.
Nymphæacé-pollen (enl. LAGERH.).
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Polystichum Thelypteris, outvecklade blad samt sporer och sporangier (enl. LAGERH.).
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Salix caprea, bladfragment.
Tilia europæa, frukter.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anchomenus sp., täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Apion sp., täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Cyclonotum orbiculare, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Elater sp., täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Ptybius ater, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Nephelis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).

7. . . . 25 cm. *Kärrtorf*, mörkbrun, starkt multnad, rik på trädlämningar.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, grenfragment.
Betula alba, grenfragment.
B. verrucosa, hängfjäll.
Carex cfr *Pseudocyperus*, frukter.
C. spp., nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön rikligt.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, outvecklade blad.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Rhamnus Frangula, frön.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anchomenus gracilis, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Bagous binodulus, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Hydroporus sp., täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Philydrus ovalis, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Daphnia pulex, efippier.
Nephelis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

8. . . . 60 cm. *Torf*, vid mossans jämning omlagrad och uppblandad med mylljord. I densamma inneslutna trädlämningar tillhöra hufvudsakligen *Alnus glutinosa*.

Saritslöfs mosse är belägen nära intill den på 1860-talet torrlagda Näsbyholmssjön, i hvars forna, numera torffyllda vikar man flerstädes anträffat fossila

frukter af *Trapa natans*. På grund däraf kunde man haft anledning vänta, att något af de ofvan beskrifna lagren skulle innehållit sjönötter, men oaktadt noggranna undersökningar af såväl gyttjorna som torfven stodo lämningar af denna art ej att finna. Enligt de uppgifter, som lämnades af de i mossen sysselsatta arbetarna, hade Trapafrukter ej heller af dem anträffats där, men väl i andra mossar i närheten.

13. Munkholms mosse, belägen å ägorna till Saritslöf nr 9, omkring 0,3 km. NV om Skurups järnvägsstation. Äfven för meddelandet af ett sköldpaddfynd från denna mosse har jag att tacka skollärare SÖDERLING. Enligt hans skrifvelse af den 28 maj 1916 hade nämligen kort förut vid torftäkt där anträffats en fossil sköldpadda. Efter hvad arbetaren HANS MAGNUSSON för mig uppgaf, då jag anlände till mossen, var ifrågavarande exemplar af honom funnet i »torfvens» bottenlager, omedelbart intill gränsen mot underliggande mörka, på snäckskal rika gyttja. Denna hans uppgift bekräftades af flera andra arbetare, hvilka varit tillstädes, då fyndet gjordes. Af sköldpaddan, som krossats under gräfningsarbetet, hade samme sagesman tillvaratagit det illa åtgångna ryggskalet samt det något defekta bukskalet. Dessa lämningar inköptes af torfmosskommissionen och ha liksom öfriga af denna förvärfvade sköldpaddfynd öfverlämnats till Lunds Zoolog. Museum, där de återfinnas under n:o 754. En i samma museum likaledes förvarad, af mossens ägare, byggmästare N. H. NORDIN, skänkt underkäk, som af docent O. HOLMQVIST bestämts såsom tillhörande *tamoxe*, skall enligt HANS MAGNUSSONS uppgift vara funnen i närheten af det ställe, där sköldpaddan uppgräfts, på ungefär samma djup som denna.

En i mossens södra del, nära intill fyndplatsen för sköldpaddan upptagen profil visade nedanstående lagerföljd:

1 (Underst). . . . 60 cm. + *Sötvattenslera*, gråblå, något kalkhaltig, grus- och sandblandad, därtill rik på detritus.

Lerans *undre*, omkring 30 cm. mäktiga del innehöll följande

fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Arctostaphylos uva ursi</i> , 1 fruktsten. | <i>Salix</i> sp., bladfragment. |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Betula nana</i> , bladfragment. | Mossa. |
| <i>B. odorata</i> , frukter. | <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>B. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Limnæa auricularia</i> . |
| <i>Comarum palustre</i> , 1 nöt. | <i>Pisidia</i> , skalfragment. |
| <i>Cirsium</i> sp., 1 frukt. | <i>Planorbis nautilæus</i> . |
| <i>Dryas octopetala</i> , blad. | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cristatella Mucedo</i> , statoblastar. |
| <i>Potamogeton filiformis</i> , fruktstenar rikligt. | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |

Enligt uppgift, som likaledes lämnats af HANS MAGNUSSON, hade han 1912 vid gräfning af det genom mossens norra del framdragna afloppsdiket för kloak-

ledningarna i Skurups köping anträffat ett defekt *renhorn*. Detta skulle hafva legat 60—70 cm. djupt ner i »blåleran». Hornet, som förvärfvades af SÖDERLING, förvaras numera jämte åtskilliga andra i Skurupstrakten funna, af honom insamlade renhorn i Lunds Zoolog. Museum, där det innehar n:o 772.

I lerans öfre, föga mörkare del insamlades nedanstående

fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Anodonta cygnea</i> . |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Limnæa auricularia</i> . |
| <i>B.</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Pisidium milium</i> . |
| <i>Carex</i> 2 sp., nötter. | <i>P. nitidum</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Planorbis nautileus</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>P. sp.</i> , skalfragment. |
| <i>Potamogeton filiformis</i> , fruktstenar. | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Scirpus</i> sp., nötter. | <i>V. piscinalis</i> . |
| Mossa. | <i>Candona candida</i> (enl. ALM). |
| <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>C. rostrata</i> (enl. ALM). |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>Daphnia pulex</i> , efippier. |
| <i>Cenococcum geophilum</i> . | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| <i>Ancylus lacustris</i> . | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |

2. . . . omkr. 100 cm. *Detritus-kalkgyttja*. Af denna ha prof undersökts från trenne olika djup.

a *Bottenlagret*. Gråaktigt gul detritus-kalkgyttja, företrädesvis rik på *Anodonta cygnea*.

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Alnus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Betula alba</i> , grenfragment. | <i>Arvicola</i> sp., 1 tand (enl. O. HOLMQVIST). |
| <i>B. odorata</i> , hängefjäll. | <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | Fisk, 1 tand. |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Candona candida</i> (enl. ALM). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>C. rostrata</i> (enl. ALM). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Dolorocypris fasciata</i> (enl. ALM). |
| Graminé-pollen (enl. LAGERH.). | <i>Ancylus lacustris</i> . |
| <i>Myriophyllum</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Anodonta cygnea</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Limnæa auricularia</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , kottespindel. | <i>L. peregra</i> . |
| <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. | <i>Pisidium milium</i> . |
| <i>Rhamnus Frangula</i> , 1 frö. | <i>P. nitidum</i> . |
| <i>Rumex</i> sp., frukt med omgifvande hylle. | <i>Planorbis complanatus</i> . |
| <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. | <i>P. nautileus</i> . |
| <i>Tilia</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>P. parvus</i> . |
| <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Fediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |

b. Ljusbrun detritus-kalkgyttja enligt prof, taget något ofvan lagrets midt.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, grenfragment, vinglösa frukter.
B. verrucosa, hängfjäll.
Carex sp., frukter.
C. sp., nötter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, 1 delfrukt.
Nuphar luteum, frön.
Nymphaea alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Scirpus lacustris, nötter.
Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Esox lucius, 1 tand.
Balaninus nucum, täckvinge (enl. BENGTS-
 SON) m. fl. skalbagglämningar.
Candona candida (enl. ALM).
C. rostrata (enl. ALM).
Bythinia tentaculata.
Limnæa stagnalis.
Pisidium Henslowianum.
Planorbis albus.
P. contortus.
P. vortex jämte samtliga från föregående
 lager anförda mollusker.
Cristatella Mucedo, statoblaster.
Oligochæta, kapslar.
Arcella sp. (enl. LAGERH.).
Pelomyxa sp. (enl. LAGERH.).

c. Mörkbrun detritus-kalkgyttja från lagrets öfversta del.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
Carex cfr *Pseudocyperus*, frukter.
C. spp., nötter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Nuphar luteum, frön.
Nymphaea alba, frön.
Nymphaeace-pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, outvecklade blad.
Potamogeton natans, fruktstenar.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Scirpus lacustris, nötter.
Tilia europæa, frukter rikligt.
T. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Typha latifolia, pollen (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna Lemmermanni (enl. LAGERH.).
Conferva bombycina (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Donacia abdominalis, täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).
D. mutica, täckvingar (enl. BENGTS-
 SON).
D. spinosa, bakre femur (enl. BENGTS-
 SON).
D. Typhæ, täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).

Ilybius ater, täckvingar (enl. BENGTS-
 SON).
I. sp., täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).
Oodes helopioides, fragment af täckvinge
 (enl. BENGTS-
 SON).
Anodonta cygnea.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. ovata.
L. peregra.
L. stagnalis.
Pisidium Henslowianum.
P. milium.
P. nitidum.
P. pusillum.
P. subtruncatum.
Planorbis albus.
P. complanatus.
P. contortus.
P. corneus.
P. nautileus.
P. umbilicatus.
P. vortex.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Centropyxis delicatula (enl. LAGERH.).
Pelomyxa sp. (enl. LAGERH.).

3. . . . 20 cm. *Detritusgyttja* (= det sköldpaddförande lagret), mörkbrun, skarpt begränsad mot underliggande snäckgyttja.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Anabæna Lemmermanni</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>A. sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>B. verrucosa</i> , hängfjäll. | <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex</i> cfr <i>Pseudocyperus</i> , frukter. | <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. |
| <i>C. sp.</i> , nötter. | <i>Donacia spinosa</i> , bakre femur (enl. BENGTS- |
| <i>Chara</i> -sporer. | SON). |
| <i>Cicuta virosa</i> , delfrukter. | <i>Geotrupes silvaticus</i> , täckvinge (enl. BENGTS- |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter rikligt. | SON). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Macrodytes dimidiatum</i> , bakre tibia (enl. |
| <i>Nuphar luteum</i> , frön. | BENGTSSON). |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Cladocerer</i> . |
| <i>Nymphæacé</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Tilia europæa</i> , frukter rikligt. | <i>C. delicatula</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>T. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Pelomyxa</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Ulmus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Pyxidicula cymbalum</i> (enl. LAGERH.). |

4. . . . 15 cm. *Detritusgyttja*? nästan svart.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter. | <i>Anabæna Lemmermanni</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter, grenfragment. | <i>Polyporus</i> sp. |
| <i>B. odorata</i> , hängfjäll. | <i>Aphodius</i> sp., fragment af täckvinge (enl. |
| <i>B. verrucosa</i> , hängfjäll. | BENGTSSON). |
| <i>Carex filiformis</i> , frukter. | <i>Donacia</i> cfr <i>tomentosa</i> , täckvinge (enl. |
| <i>C. cfr Pseudocyperus</i> , frukter. | BENGTSSON). |
| <i>C. sp.</i> , nötter. | <i>Ilybius ater</i> , fragment af täckvinge (enl. |
| <i>Cicuta virosa</i> , delfrukter. | BENGTSSON). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter rikligt. | <i>I. sp.</i> , bröstparti (enl. BENGTS- |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | SSON). |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Cladocer</i> . |
| <i>Nymphæacé</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Arcella discoides</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , outvecklade blad. | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Quercus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>C. delicatula</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Tilia europæa</i> , frukter rikligt. | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |
| | <i>Pyxidicula cymbalum</i> (enl. LAGERH.). |

5. . . . 45 cm. *Torf*, ej tydligt skild från föregående lager.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alisma Plantago</i> , frukter. | <i>Ranunculus sceleratus</i> , nötter. |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Tilia europæa</i> , frukter. |
| <i>Carex</i> sp., 1. nöt. | <i>Tilia</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 3 nötter. | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Arcella</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |

6. . . . 20 cm. *Kärrtorf*, brun, troligen dels omlagrad, dels afsatt sedan mossens öfre, ursprungliga lager bortförts och sålunda härrörande från ganska sen tid.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Alisma Plantago</i> , frukter. | <i>Sparganium ramosum</i> , 1 fruktsten. |
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Taraxacum officinale</i> , 1 frukt. |
| <i>Bidens cernua</i> , frukter. | <i>Chrysomonadinéer</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | <i>Conferva bombycina</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cirsium</i> sp., 1 frukt. | <i>Diatomacéer</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 1 nöt. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | Skalbagglämningar. |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> , nötter. | <i>Cladocer</i> . |
| <i>Polypodiace</i> -sporer (enl. LAGERH.). | <i>Oligochaeta</i> , kapslar. |
| <i>Ranunculus sceleratus</i> , nötter. | |

7. . . . 25 cm. *Torf*, tydligt omlagrad, därtill uppblandad med grus, som påförts mossen vid denuas jämning.

14. **Torfmosse inom Hylteberga by**, i Skurups socken. Från en dylik anför NILSSON (1860, s. 21) fyndet af en, om icke tvenne sköldpaddor, dock utan att närmare angifva fyndortens läge.

15. **Hassle-Bösarps mosse**, i socknen af samma namn, är belägen i en strax N om kyrkan, ungefär i O-V-lig riktning sig sträckande dalsänka. I denna mosse skall kärrsköldpaddan enligt SVEN NILSSON (1860, s. 21) vara funnen »i stort antal». Han anför därom vidare: »man har der vid upptagning af torfjord träffat på hela hopar deraf, enligt uppgift tjugtals, tätt hopliggande i gyttjan nära botten». Enligt NILSSONS förmodan skulle individen i fråga »hafva nedgräft sig mot vintern och blifvit dödade af ovanligt djupgående frost». Vid ett besök sommaren 1885 i Hassle-Bösarps by råkade jag visserligen flera personer, som ganska väl erinrade sig, att NILSSON där en gång för många år sedan företagit efterforskningar rörande nämnda fynd, liksom att han därvid insamlat åtskilliga tillvaratagna sköldpaddskal, men beträffande fyndplatsens läge var det mig ej möjligt att erhålla någon upplysning. De af NILSSON insamlade sköldpaddlämningarna äro anmärkningsvärdt nog ej upptagna i förteckningen öfver mossfynden i Lunds Zool. Museum, men är det väl det oaktadt ganska sannolikt, att de förvaras därstädes. Ett i denna mosse anträffadt, troligen från samma fynd härrörande fullständigt ryggskal, som tillhört den Stenbockska samlingen på Torsjö, har åter hamnat i Göteborgs museum. Enligt uppgift, som vid samma tillfälle lämnades mig af hemmansägaren OLOF ANDERSSON å Hassle-Bösarp n:o 13, hade för flera år sedan vid torftäkt å det i mossens västligaste del belägna, Hassle Bösarp n:o 15 tillhörande skiftet anträffats en sköldpadda. Af denna, som krossats af redskapen, hade han endast tillvaratagit bukskalet, hvilket, välvilligt till mig öfverlämnadt, numera förvaras i Lunds Zool. Museum (n:o 740). Ifrågavarande sköldpadda skulle vara funnen på 1.5—1.8 meters djup, i botten af en nära intill den norra mosskanten upptagen torfgraf, men huruvida det henne omgifvande lagret utgjorts af torf eller liksom i ofvan anförda fall af gyttja, därom kunde nämnde sagesman ej lämna någon upplysning. Tyvärr försummade jag att

undersöka torfgrafvens botten. Hösten 1914 besökte jag åter Hassle-Bösarp, därtill närmast föranledd af ett järnåldersfynd, som likaledes skulle hafva gjorts å förutnämnda, numera kommunalordföranden OLA PEHRSSON tillhöriga moss-skifte. På grund af i senare tid företagen jämning af mossens yta var det visserligen ej möjligt att återfinna den torfgraf, i hvilken sistnämnda sköldpadda legat, men fyndplatsens ungefärliga läge kunde dock bestämmas. Af de lager, som blottades i en af mig nära intill mosskanten upptagen profil, vill jag här beskrifva torfven och den närmast därunder följande detritusgyttjan, i hvilken man företrädesvis kunde hafva anledning förmoda, att sköldpaddan varit innesluten.

Detritusgyttjan.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter, kottespindlar. | <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Tetraëdron muticum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>B. odorata</i> , hängfjäll. | <i>Scolytes pruni</i> , täckvinge (enl. BENGTTSSON.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Xestobium rufovillosum</i> , täckvinge (enl. BENGTTSSON.). |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Ancylus lacustris</i> . |
| <i>Nuphar luteum</i> , frön. | <i>Bythinia Leachi</i> . |
| <i>Nymphaea alba</i> , frön. | <i>B. tentaculata</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , frön. | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Planorbis complanatus</i> . |
| <i>Potamogeton</i> sp., fruktstenar. | <i>P. nautileus</i> . |
| <i>Quercus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Tilia</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Ulmus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cladocera</i> . |
| <i>Anabaena Lemmermanni</i> (enl. LAGERH.). | <i>Arcella discoides</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>A. sp.</i> (enl. LAGERH.). | <i>Centropyxis delicatula</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cosmarium</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). | |

Under ofvan beskrifna detritusgyttja följa olika gyttjor af betydande mäktighet. Att afgöra hvilken gyttja, som är identisk med den, hvarifrån det af NILSSON anförda sköldpaddfyndet förskrifver sig, torde ej vara möjligt. Hans uppgift, att ifrågavarande sköldpaddor legat »i gyttjan nära botten» skulle visserligen kunna tolkas så, som hade det sköldpaddförande lagret intagit en afsevärdt låg nivå inom härvarande lagerserie, men så behöfver dock icke vara förhållandet. NILSSON lämnar nämligen också den upplysning, att fyndet gjorts vid torftäkt. Däraf framgår, att fyndplatsen ej kan hafva varit belägen ute i mossen, där torfvens bottenlager ännu ej tillgodogjorts och där de underliggande gyttjorna vid den tid, som här afses, följaktligen ej varit åtkomliga. Fyndplatsen måste därför vara att förlägga till närheten af mossens kanter, där gyttjelagren äro af jämförelsevis ringa mäktighet. I dylikt fall skulle tydligen, antingen nu NILSSONS uppgift afsett ett undre eller öfre lager, detta kunnat anses vara beläget »nära botten». Det kan också ifrågasättas, hvad NILSSON menar med ordet »botten», då det icke kan tagas för afgjort, att han därmed afsett den sötvattenslera, som bildar mossens underlag.

Af den närmast å detritusgyttjan afsatta, ursprungliga *torfven* återstod endast det omkring 50 cm. mäktiga bottenlagret. De därpå följande partierna utgjordes

dels af i de gamla torfgrafvarna nybildad torf och gyttja, dels af vid mossytans jämnung omlagrad, äldre torf.

I torfvens *bottenlager* ha anträffats nedanstående fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter, kottespindlar. | <i>Rubus idæus</i> , fruktstenar. |
| <i>Betula alba</i> , grenfragment. | <i>Tilia europæa</i> , frukter. |
| <i>B. odorata</i> , frukter, hängefjäll. | <i>Typha latifolia</i> , pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>B. verrucosa</i> , frukter, hängefjäll. | Mossa, stamdelar. |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | <i>Anabæna Lemmermanni</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Chenopodiaceé</i> -frön. | <i>Conferva bombycina</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Eleocharis palustris</i> , nötter. | <i>Acilius sulcatus</i> , fragment af täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Fraxinus excelsior</i> , frukter. | <i>Donacia sericea</i> , fragment af täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Graminé</i> pollen (enl. LAGERH.). | <i>Ilybius</i> sp., täckvinge (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | <i>Phyllopertha horticola</i> , hufvud (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Cladocer</i> . |
| <i>Nuphar luteum</i> , frön. | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>C. delicatula</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Pinus silvestris</i> , frön. | |
| <i>Quercus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | |
| <i>Ranunculus Flammula</i> , nötter. | |

Från torfven i denna mosse föreligga åtskilliga järnåldersfynd, däribland ett i Fornvännen (årg. 1912, s. 202—203) beskrifvet, numera i Statens Hist. Museum under n:o 14707 förvaradt lerkärl, som, efter hvad OLA PEHRSSON uppgaf, anträffats ungefär midt i mossen, omkring 1.2 m. under dennas nuvarande yta. Vidare skall enligt sammē persons utsago ett annat fynd för åtskilliga år sedan hafva gjorts på några meters afstånd från fyndplatsen för lerkärlet, på 1.5—1.8 meters djup. Detta fynd, som likaledes förvärfvats af samma museum, där det innehar n:o 13343, utgjordes enligt Fornvännen (årg. 1908, s. 207) af en bronssölja och åtskilliga med förgylldt silfverbleck belagda bronsbeslag. Enligt benäget meddelande af riksantikvarien OSCAR MONTELIUS förskrifva sig dessa bronssaker från 4:de århundradet efter Kr. f. Lerkärlets ålder kan däremot ej med bestämdhet angifvas. Alldenstund mossen, efter hvad man uppgaf, redan öfverskurits en, om icke tvenne gånger, då de nämnda föremålen uppgräfdes, torde dessa hafva befunnit sig å ett, i förhållande till mossens ursprungliga yta ganska afsevärdt djup. Enligt SÖDERLINGS (Ymer, årg. 1907, s. 452) uppgift har man i denna mosse dessutom vid olika tillfällen funnit vapen och andra föremål af järn, bärnstensperlor m. m. Samtliga dessa fynd förskrifva sig likaledes från torfven.

Frånsedt ett renhorn, som enligt en å OLA PEHRSSONS utsago grundad, af O. GERTZ (Ymer 1907, s. 457) lämnad uppgift skall hafva legat i »blåleran», d. v. s. den senglaciala sötvattensleran, samt ett människo- och ett hästskelett, hvilka enligt SÖDERLINGS uppgift uppgräfts ur torfven, ha inga lämningar af större vertebrater anträffats i mossen.

16. Södra Vallösa mosse i Sörups socken. I denna, något Ö om kyrkan belägna mosse, som af såväl GUNNAR ANDERSSON (1889, s. 18—21) som SERNANDER (1909, s. 427—428) närmare undersökts och beskrifvits, hade dessförinnan enligt den förre lämnad uppgift anträffats ryggskalet af en fossil sköldpadda, hvilket blifvit skänkt till Ystads museum. Antagligen är det samma kärrsköldpadda, som finnes upptagen utan angifven fyndort i BRUZELII katalog öfver nämnda museum (s. 7), enär något annat exemplar af arten ej förvärfvats.

Från denna mosse föreligga flera, vid olika tillfällen gjorda fynd af fossila renhorn. Sålunda äger Lunds Zoolog. Museum därifrån dels en af kyrkovärden PER OLSSON i Södra Vallösa skänkt »renkrona» (n:ris 206—207), hvilken enligt SVEN NILSSONS dagboksanteckning af den 11 sept. 1846 anträffats på 3 alnars djup i blålera under torfven, dels ett af mig öfverlämnadt, för längre tid sedan funnet fragmentariskt horn (n:o 686). Enligt uppgift skall äfven detta härröra från blåleran, d. v. s. den postglaciala sötvattenslera, hvilken, såsom GUNNAR ANDERSSON påvisat, här förekommer i mossens botten. Vidare hade framlidne konditor F. DAHLMAN i Ystad i sin samling tvenne från samma fyndställe erhållna renhorn.

Från ifrågavarande mosse förskrifva sig likaledes åtskilliga stenåldersfynd. Bland dessa, hvilka i de flesta fall utgjorts af redskap eller andra föremål af flinta, må särskildt nämnas en af kommunalordföranden MÅRTEN RASMUSSEN i Södra Vallösa tillvaratagen, i Statens Hist. Museum numera förvarad båtformig stenxya (n:o 9822: 435) af 22.25 centimeters längd och af ungefär samma typ som Svenska fornsaker fig. 97.

17. Staframossen, belägen i Sörups socken, något Ö om Rynge järnvägsstation å Malmö—Ystads järnväg, af hvilken den i det närmaste skäres midt itu. Vid gräfning af ett afloppsdike i norra delen af denna mosse anträffade soldaten OLA DAHLQVIST någon gång på slutet af 1860-talet ryggskalet af en kärrsköldpadda. Enligt hans uppgift observerades detta fynd först vid utjämmandet af den uppkastade dikesvallen, och då därtill kommer, att diket upptagits genom såväl torfvens bottenlager som underliggande lager, var det tydligen ej möjligt att angifva, hvarest sköldpaddskalet ursprungligen befunnit sig. Detta senare, som jämte åtskilliga andra, i skånska mossar funna vertebratlämningar förvarades å Tidö i Västmanland, fanns därstädes ännu 1886, men hvart det sedermera tagit vägen har ej kunnat utrönas. I denna mosse har man äfven anträffat fossila lämningar af *hjort* och *ren*. Af den förstnämnda arten är här funnet ett helt skelett, hvaraf likväl endast tillvaratagits skallen med vidsittande horn. Detta fynd gjordes i torfven. De vid olika tillfällen erhållna renlämningarna ha inskränkt sig till horn, hvilka på ett enda när varit fällda. Samtliga dessa uppgifvas hafva legat i den senglaciala sötvattenslera, som här liksom å flera andra ställen i närheten utgör mossarnas underlag. Såväl förutnämnda, i Staframossen funna renhorn som åtskilliga andra sådana, hvilka förskrefvo sig från olika mossar i trakten, insamlades på sin tid af framl. friherre ARVID KURCK å Rynge och blefvo af honom skänkta till professor OTTO TORELL,

18. Hagestads mosse, i Löderups socken, begränsas i S af de utined kusten befintliga flygsandsfält, hvilka bilda den s. k. Hagestads mälare. Från denna mosse äger Lunds Zoolog. Museum ett rygg- och ett bukskal af kärrsköldpadda (n:o 738). Dessa lämningar, som blifvit skänkta 1903 af skollärare F. A. ÅKESSON i Gudmundtorp, skola, efter hvad denne i skrifvelse af den 8 mars 1906 benäget meddelat mig, hafva anträffats någon gång på 1870-talet och förvärfvades då af framl. kommissionslandtmätaren MALTE BRORSTRÖM i Borrby. Något mera hade meddelaren sig ej bekant angående detta fynd. Möjligen rör det sig här om samma fynd, som, enligt af nämndemannen ERIK ANDERSSON å Hagestad n:o 24 lämnad uppgift, vid ungefär samma tid skulle hafva gjorts i närheten af hans, i mossens sydvästra del belägna torfskifte. Hvert de där fuuna sköldpaddlämningarne tagit vägen, hade emellertid nämnde sagesman sig ej bekant. Rörande fyndet kunde han endast erinra sig, att det gjorts vid torftäkt.

Hagestads mosse är bildad i ett genom åtskilliga i SSV—NNO med hvarandra parallelt gående strandvallar indämdt bäcken, i hvilket torfbildningen dessförinnan redan hade inträdd. Den västligaste af dessa strandvallar är belägen strax NNV om Hagestaborgs skogvaktareboställe, där den blottades 1914 vid uppränsningen af den genom mossen framdragna afloppskanalen eller såsom denna kallas Tykeå. Kontakten mellan ifrågavarande, af ett mäktigt flygsandslager betäckta strandvall och underliggande torf kan iakttagas något under botten af kanalen å det ställe, där denna i ungefär rät vinkel böjer af österut. Enligt dikningskartan är kanalens botten där belägen 1 meter öfver hafvet vid medelvattenstånd. Torfven, som i de öfre partierna är rikligt uppblandad med sand och därtill starkt hopprässad, blir nedåt så hård, att den knappast är åtkomlig med ett vanligt torfborr.

I torfvens *öfversta*, 20 cm. mäktiga del ha insamlats följande fossil:

Alisma Plantago, frukter.

Batrachium sp., nötter.

Chenopodiace, frön.

Cladium Mariscus, nötter.

Hydrocotyle vulgaris, delfrukter.

Scirpus Tabernæmontani, nötter.

S. sp., nötter.

Diatomacées (enl. LAGERH.).

Spongilla lacustris, spiculæ.

Lagerföljden i Hagestads mosse är ganska växlande. Bottenlagret utgöres sålunda dels af sand, dels af lera. Därpå följer i regel ej, såsom förhållandet vanligen plägar vara i södra Skånes kärrmossar, kalkgyttja, om också ett tunnt lager af dylik kan iakttagas flerstädes. Den i nämnda mossar ofta ganska mäktiga kalkgyttjan ersättes här af detritusgyttja, som i sin nedre del dock ofta är kalkhaltig. Å sina ställen, där torfbildningen ej afbrutits af strandvallarna utan alltjämt fått fortgå, skall torfven enligt MOBERG (s. 33) hafva en mäktighet af 3 m. eller därutöfver. Beträffande detta mått är väl sannolikt, att till torfven äfven medräknats underliggande, mörka detritusgyttja. För öfrigt är att märka, att mossen sedan långt tillbaka bearbetats, på grund hvaraf torfvens öfversta partier öfverallt äro bortförda.

Bland vertebrater, af hvilka fossila lämningar anträffats i Hagestads mosse, äro vidare att nämna *hjort*, *älg* och *ren*. Af de båda förstnämnda arterna har man

funnit hela skelett, af ren åter endast horn. Närmare underrättelser rörande de omständigheter, under hvilka fynden blifvit gjorda, föreligga blott undantagsvis och afse i dylika fall på sin höjd den allmänna beskaffenheten af de lager, hvari fossilerna varit inneslutna, eller de olika djup, från hvilka dessa förskrifva sig. Sålunda uppgifves ett i Lunds Zoolog. Museum numera förvaradt renhorn (n:o 685), som jag erhållit af åbon PER JÖNSSON i Borrby, vara funnet i den lera eller sand, som bildar mossens bottenlager. Vidare skall man, efter hvad skolläraren J. OHLSSON i Sandby meddelat mig, hafva anträffat i »snäckgyttja» dels ett af honom till mig försåldt, samma museum tillhörigt älghorn (n:o 687), dels ett hjortskelett. Af detta senare, som lär hafva legat på omkring 2,5 meters djup, tillvaratogs endast skallen med vidsittande horn, hvilken förvaras i Göteborgs museum. Tvenne vid uppränsningen af förutnämnda afloppsdikey på olika ställen funna, dessliques upprevarade hjorthorn skulle åter enligt arbetarnas utsago varit inbäddade i »lefvertorfven» (detritusgyttjan). Troligen har förhållandet varit detsamma med ett i OHLSSONS arfvingars ägo befintligt hjortkranium med kvarsittande horn, hvilket enligt en i n:o 105 af Simrishamnsbladet för 1904 förekommande notis anträffats under ett omkring 3 meter mäktigt torflager. Beträffande tvenne för längre tid sedan funna hjortskelett, af hvilkas skallar med vidsittande horn den ena tillvaratagits af arrendatorn, herr S. SJÖSTEDT å Hagestaborg, den andra af häradsskrifvare W. NIBELIUS i Ö. Hoby, har man däremot sig endast bekant, att fynden gjorts vid torftäkt. Detsamma gäller såväl ett hemmansägaren ANDERS MÅRTENSSON å Borrby n:o 4 tillhörigt älghorn som tvenne samhöriga, i Göteborgs museum befintliga sådana. Enligt uppgift, som likaledes erhållits af OHLSSON, skall hela skelettet af den älg,⁶ hvilket sistnämnda båda horn tillhört, varit för handen.

Dessutom har man i Hagestads mosse anträffat vapen och redskap från flera olika skeden af förhistorisk tid. De flesta af dessa föremål härröra från stenåldern. Själf har jag af skogvaktaren L. ANDERSSON i Hagestads mälare erhållit tvenne, »djupt ner i torfven» funna, slipade flintyxor från mossens sydligaste, till Hagestaborg hörande del, och äfven annorstädes inom mossområdet ha flintredskap af olika slag tillvaratagits vid torftäkt, efter hvad i trakten boende personer meddelat. Enligt PER JÖNSSONS uppgift ha åtskilliga af dessa fynd hamnat i den BRORSTRÖMSKA, 1875 af Staten inlösta samlingen, andra åter i en af hemmansägaren OLA ANDERSSON å Borrby n:o 61 bildad, dennes arfvingar numera tillhörig samling. Af bronsåldersfynd föreligga dels, enligt skriftligt meddelande af riksantikvarien OSCAR MONTELIUS, en i den NISBETHSKA samlingen i Statens Historiska Museum förvarad, fragmentarisk bronsklinga (n:o 8762: 49) af samma typ som Svenska fornsaker fig. 153, dels enligt BRUZELIUS (s. 6, 10) en Ystads museum tillhörig, synnerligen vacker skaftceft af brons. Vidare äger sistnämnda museum från ifrågavarande fyndort en knapp, likaledes af brons ehuru från järnåldern, samt tre brynen af svart skiffer. I sammanhang med ofvan anförda artefakt torde äfven böra omnämnas de direkta lämningar af *människa*, hvilka enligt förut citerade tidningsnotis anträffats i samma mosse. Å det till hemmanet Hagestad n:o 21

hörande torfskiftet hade man nämligen funnit en af tvenne urhålkade ekstammar bestående kista, inneslutande ett människoskelett. Rörande detta fynd, som gjordes 1890 af ägaren till nämnda hemman, hr NILS NILSSON, har denne benäget meddelat följande. Kistan, som hvilade omedelbart å det lerlager, som här utgör mossens underlag, mätte omkring 1,2 m. i längd och hade, efter hvad befintliga inskrifningar gåfvo vid handen, i båda ändar varit ombunden med bast eller något annat material. Skelettet, som låg utsträckt, syntes att döma af längden hafva tillhört ett 10 eller 12 år gammalt barn. Kistan med inneliggande skelett lär ännu kvarstå å den plats, där den anträffades.

19. Vanstads mosse, i socknen med samma namn, omfattar södra delen af en sockengränsen mellan Vanstad och Löfvestad följande mosse, som, i SO sammanhängande med Björkeröds och Esperöds mossar, tillsammans med dessa har en utsträckning af omkr. 3,5 km. i längd. Från den till hemmanet Vanstad n:o 23 hörande andelen af mossen föreligga tvenne olika fynd af fossil kärrsköldpadda.

Profil A. Det första fyndet gjordes 1905 i östra delen af nämnda, cirka 2,3 km. Ö om Vanstads kyrka belägna mosslott. De därvid anträffade lämningarna utgjordes af ett något defekt ryggskal och åtskilliga fragment af ett bukskal, hvilka samtliga af delägaren i nämnda hemman, hr ANDERS NILSSON å Skogsdala, öfverlämnades såsom gåfva till folkhögskolan å Hvilan. För den första underrättelsen om detta nya fyndställe har jag att tacka dåvarande föreståndaren för nämnda skola, dr LEONH. HOLMSTRÖM, och stannar jag likaledes i tacksamhetsförbindelse till ANDERS NILSSON för de upplysningar, han lämnat rörande fyndet, när jag någon tid därefter tillsammans med honom besökte ifrågavarande lokal. Efter hvad då för mig uppgafs skulle ryggskalet hafva legat underst i den närmast å kalkgyttjan hvilande »lefvertorften» (detritusgyttjan). Det hade anträffats i en för torfvens vinnande här upptagen graf men ej uppmärksamrats, förrän det krossades af det vid gräfningen använda redskapet. Fragmenten af bukskalet förskrefvo sig från samma torfgraf, men hade observerats först senare vid bearbetandet af den samtagna, från olika lager hämtade torfmassan. De ha det oaktadt visat sig samtliga kunna hänföras till samma individ som ryggskalet. Det förefaller därför sannolikast, att de skilda skalfragment, som föreligga från denna fyndort, härröra från ett enda exemplar.

Torfvens öfre partier ha här liksom öfverallt i denna mosse sedan längre tid tillbaka tillgodogjorts. Talrika små sänkor i mossens yta angifva platserna för de forna torfgrafvarna, hvilka dels genom utflytning från sidorna, dels genom nybildad torf numera äro utfyllda eller igenvuxna. Den äldre, orubbade torf, som ännu återstår, är företrädesvis att finna i de mellan de förutvarande torfgrafvarne kvarstående skiljeväggarna, och var det enligt ANDERS NILSSONS uppgift i en af dessa som ryggskalet anträffades.

I en i omedelbara närheten af fyndplatsen upptagen profil, som genomskar en af dessa gamla torfgrafvar, var lagerföljden räknadt nedifrån:

1 (Underst)... 50 cm. + *Sötvattenslera*, enligt ett från 40—50 cm:s djup upptaget borrhprof af gråaktig färg och något sandig.

Fossil:

Betula-pollen (enl. LAGERH.).
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Chrysomonadinéer spp. (enl. LAGERH.).

Cosmarium 3 spp. (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Daphnia pulex, efippier.

2. . . . Omkr. 40 cm. *Gyttja*, mörkare än underliggande lera, liksom denna sandblandad.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. nana, frukter, hängfjäll.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton filiformis, fruktstenar.
Salix sp., blad.
Mossor, blad.
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).

Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Lepidurus glacialis.
Daphnia pulex, efippier.
Limnæa auricularia.
L. peregra.
Pisidium nitidum.
P. sp., skalfragment.
Planorbis nautilæus.
P. parvus.
Sphærium corneum.
Valvata piscinalis.
Spongilla lacustris, gemmulæ.

3. . . . 110 cm. *Kalkgyttja*.

Bottenlagret. Myxofycé-desmidié-kalkgyttja (enl. LAGERHEIM), företrädesvis rik på rhizom och slidor af cyperacéer.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.
Betula alba, bark, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
Caryophyllacé-frön.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Populus tremula, hängfjäll.
Scirpus lacustris, nötter.
Mossa.
Cosmarium 11 sp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeocapsa sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Staurastrum 2 spp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Donacia geniculata, täckvingar (enl. BENGTSSEN).
D. mutica, täckvingar (enl. BENGTSSEN).

Donacia sp., täckvinge m. fl. skallbagg-lämningar.
Candona candida (enl. ALM).
Herpetocypris reptans (enl. ALM).
Cladocerer.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. peregra.
Pisidium Henslowianum.
P. nitidum.
P. obtusale.
P. sp.
Planorbis complanatus.
P. nautilæus.
P. umbilicatus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cristatella Mucedo, statoblaster.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

Kalkgyttjans öfversta, på grund af rikligt inblandad detritus mörkare del.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex cfr *filiformis*, nötter.
C. sp., nötter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Ericacé-pollen (enl. LAGERH.).
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. pectinatus, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Chroococcacéer (enl. LAGERH.).
Conferva bombycina (enl. LAGERH.).
Cosmarium 14 spp. (enl. LAGERH.).
Desmidium sp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 3 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Ophiocytium majus (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Pleurotenium sp. (enl. LAGERH.).
Staurostrum 5 spp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).

Xanthidium sp. (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Perca fluviatilis, fjäll.
Donacia geniculata, täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).
D. sp., täckvinge (enl. BENGTS-
 SON) m. fl.
 skalbagglämnningar.
Ancylus lacustris.
Anodonta cygnea.
Bythinia Leachi.
B. tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. lagotis f. *prisca*.
L. ovata.
L. palustris var. *corvus*.
L. peregra.
L. stagnalis.
Physa fontinalis.
Pisidium milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
Planorbis albus.
P. complanatus.
P. nautilæus.
P. umbilicatus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cristatella Mucedo, statoblaster.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

4. . . . Omkr. 20 cm. 'Detritusgyttja, mörkbrun, ej skarpt begränsad mot föregående lager.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, vinglösa frukter.
Carex filiformis, frukter.
C. sp., frukter.
C. spp., nötter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, frukter, nötter.
Cornus sanguinea, fruktstenar.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Ericacé-pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, delfrukter.
Najas marina, frön.
Nuphar luteum, frön.

Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Botryococcus Braunii (enl. LAGERH.).
Conferva bombycina (enl. LAGERH.).
Cosmarium 6 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 3 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Staurospermum sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Triphragmium Ulmaræ (enl. LAGERH.).
Rana sp., vertebrer m. fl. skelettdelar.
Perca fluviatilis, fjäll.

Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. pectinatus, fruktstenar.
Ranunculus repens, nötter.
Rhamnus Frangula, frön.
Rubus idæus, fruktstenar.
R. saxatilis, fruktstenar.
Rumex Acetosa, frukt med omgifvande hylle.
Scirpus lacustris, nötter.
Sparganium cfr glomeratum, fruktstenar.
S. sp., fruktstenar.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Donacia mutica, täckvingar (enl. BENGTSSON).
D. sp., täckvinge (enl. BENGTSSON).
Ilybius sp., täckvinge (enl. BENGTSSON) m. fl. skalbagglämningar.
Bythinia Leachi.
Planorbis vortex jämte de flesta från underliggande kalkgyttja anförda molusker.
Nephelis octocolata, kokonger.
Dendrocælum lacteum, kokonger.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Centropyxis delicatula (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
D. olliformis (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

5. . . . Omkr. 30 cm. *Torfartad detritus* (enl. LAGERHEIM).

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, blad, hängfjäll.
B. verrucosa, blad.
Carex filiformis, nötter.
C. sp., frukter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Phragmites communis, stjälkled.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. pectinatus, fruktstenar.
Rhamnus Frangula, frön.
Scirpus lacustris, nötter.

Sparganium cfr glomeratum, fruktstenar.
Typha latifolia, pollen (enl. LAGERH.).
Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Mossa.
Cosmarium 2 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Perca fluviatilis, fjäll.
Donacia impressa, täckvingar (enl. BENGTSSON).
Bythinia tentaculata.
Valvata cristata.
Dendrocælum lacteum, kokonger.
Arcella vulgaris (enl. LAGERH.).
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).
C. delicatula (enl. LAGERH.).
C. ecornis (enl. LAGERH.).

6. . . . Omkr. 60 cm. *Svämtoft*, tämligen multnad och starkt intorkad. Rik på trädlämningar, däribland särskildt grenar af björk (*Betula alba*). Såväl pollen som alger ha här förgäfvets efterletats.

Fossil:

Alnus glutinosa, kottespindlar.
Betula alba, bark, grenar, ved.
B. verrucosa, hängfjäll.
Carex filiformis, frukter.
C. sp., frukter.
C. sp., nötter.
Chara-sporer.

Pinus silvestris, frön, kottefjäll.
Polystichum Thelypteris, outvecklade blad.
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. pectinatus, fruktstenar.
Phragmites communis, stjälkled.
Rhamnus Frangula, frön.
Rubus idæus, fruktstenar.

Cladium Mariscus, nötter.
Comarum palustre, fruktstenar.
Corylus Avellana, nötter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum sp., delfrukter.
Nymphæa alba, frön.

Scirpus lacustris, nötter.
Cenococcum geophilum.
Plasmodiophora alni.
Perca fluviatilis, fjäll
Donacia spinosa, täckvinge (enl. BENGTSSON).

Lok. B. Det andra sköldpaddfyndet i Vanstads mosse gjordes sommaren 1907 i västra delen af förutnämnda mosslott, omkring 50 m. längre ut i mossen. Skriftligt meddelande om detta fynd hade benäget lämnats torfmosskommissionen¹ af ägaren till denna del af mossloten, hr HANS NILSSON, som samtidigt medsände de tillvaratagna sköldpaddlämningarna. Dessa, som utgjordes af det fullkomligt oskadade ryggskalet samt bukskalet, hvilket endast saknade vänstra delen af sin bakre hälft, inköptes och förvaras i Lunds Zoolog. Museum, där fyndet innehar n:o 711. Då jag någon tid efter det nämnda underrättelse mottagits, besökte Vanstads mosse, var den arbetare, som gjort fyndet, ej att träffa, men lyckades det mig af HANS NILSSON erhålla önskade upplysningar. Enligt hans utsago hade denna sköldpadda i likhet med det i samma mosse förut funna exemplaret legat i den mellan den egentliga torfven och kalkgyttjan befintliga »lefvertorfven» (detritusgyttjan). Äfven själfva fyndplatsen, som var belägen längst ner i detta lager, nära intill den här upptagna grafvens västra vägg, kunde med största noggrannhet utvisas. Såsom i det föregående nämnts, saknades ett stycke af bukskalet. Enär beskaffenheten af brottytorna i den tillvaratagna delen tydligt gaf tillkänna, att det felande stycket nyligen lösbrutits, syntes det högst sannolikt, att skalet krossats just vid torfvens upptagande genom åverkan af den därvid använda hackan. Någon direkt bekräftelse af denna förmodan kunde emellertid HANS NILSSON ej lämna. Ej heller hade han sig bekant, huruvida några andra lämningar af sköldpaddan än de nämnda varit för handen.

Utmed mossens västra vägg upptogs en sammanhängande profil genom mossens samtliga lager. Vid beskrifningen af denna förbigå vi emellertid såväl söt-vattensleran och den därpå följande gyttjan som de närmast ofvanliggande partierna af kalkgyttjan, enär däri knappast anträffats andra fossil än de från motsvarande lager i profil A ofvan anförda.

3. . . . Kalkgyttjans öfversta, omkr. 20 cm. mäktiga del.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
Carex filiformis, nötter.
C. sp., frukter.

Donacia semicuprea, täckvingar (enl. BENGTSSON).
Phryganid, larvhus.

¹ Ymer, årg. 1907, s. 452.

Chara-sporer.*Cladium Mariscus*, frukter, nötter.*Corylus Avellana*, pollen (enl. LAGERH.).*Lycopodium clavatum*, sporer (enl. LAGERH.).*Nymphæa alba*, frön.*Pinus silvestris*, pollen (enl. LAGERH.).*Polystichum Thelypteris*, sporer (enl. LAGERH.).*Potamogeton natans*, fruktstenar.*P. pectinatus*, fruktstenar.*Scirpus lacustris*, nötter.*Ulmus* sp., pollen (enl. LAGERH.).*Chroococcacæer* (enl. LAGERH.).*Cosmarium* 11 spp. (enl. LAGERH.).*Euastrum* 2 spp. (enl. LAGERH.).*Gloeotrichia* sp. (enl. LAGERH.).*Ophiocytium majus* (enl. LAGERH.).*Pediastrum Boryanum* (enl. LAGERH.).*Phacotus lenticularis* (enl. LAGERH.).*Staurastrum* 3 spp. (enl. LAGERH.).*Tetraëdron minimum* (enl. LAGERH.).*T. muticum* (enl. LAGERH.).*Cenococcum geophilum*.*Perca fluviatilis*, fjäll, skelettdelar.*Donacia bidens*, täckvingar (enl. BENGTS-SON).*Ancylus lacustris*.*Anodonta cygnea*.*Bythinia Leachi*.*B. tentaculata*.*Limnæa auricularia*.*L. ovata*.*L. peregra*.*L. stagnalis*.*Physa fontinalis*.*Pisidium milium*.*P. nitidum*.*P. pusillum*.*P. subtruncatum*.*Planorbis albus*.*P. complanatus*.*P. nautilus*.*P. umbilicatus*.*Sphærium corneum*.*Valvata cristata*.*V. piscinalis*.*Cladocerer*.*Arcella* sp. (enl. LAGERH.).*Centropyxis aculeata* (enl. LAGERH.).*Diffugia constricta* (enl. LAGERH.).*Quadrula irregularis* (enl. LAGERH.).

4. . . . Omkr. 30 cm. *Detritusgyttja*, mörkbrun, skarpt begränsad mot föregående lager.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.*Betula alba*, vinglösa frukter.*Carex* cfr *filiformis*, nötter.*C. sp.*, frukter.*Chara*-sporer.*Cladium Mariscus*, frukter, nötter.*Corylus Avellana*, pollen (enl. LAGERH.).*Hippuris vulgaris*, fruktstenar.*Lycopus europæus*, delfrukter.*Najas marina*, frön.*Nuphar luteum*, frön.*Nymphæa alba*, frön.*Pinus silvestris*, frön.*Polystichum Thelypteris*, sporer (enl. LAGERH.).*Potamogeton natans*, fruktstenar.*P. pectinatus*, fruktstenar.*Quercus* sp., pollen (enl. LAGERH.).*Rhamnus Frangula*, frön.*Scirpus lacustris*, nötter.*Sparganium ramosum*, fruktstenar.*S. sp.*, fruktstenar.*Tilia* sp., pollen (enl. LAGERH.).*Cosmarium* 6 spp. (enl. LAGERH.).*Desmidiæ Schwartzii* (enl. LAGERH.).*Gloeocapsa* sp. (enl. LAGERH.).*Gloeotrichia* sp. (enl. LAGERH.).*Pediastrum Boryanum* (enl. LAGERH.).*Phacotus lenticularis* (enl. LAGERH.).*Scenedesmus quadricauda* (enl. LAGERH.).*Tetraëdron minimum* (enl. LAGERH.).*Rana* sp., extremitetben.*Perca fluviatilis*, skelettdelar, fjäll.*Donacia bidens*, täckvingar (enl. BENGTS-SON).*D. mutica*, täckvingar (enl. BENGTS-SON).*D. nigra*, täckvinge (enl. BENGTS-SON).*D. thalassina*, täckvingar (enl. BENGTS-SON).*D. sp.*, täckvinge.*Hydrous pisceus*, täckvingar (enl. BENGTS-SON).*Planorbis parvus*.*P. vortex*.*Pupa antivertigo*.*Succinea* sp., skalfragment, m. fl. mollusker.*Daphnia* sp., efpipier.

Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Mossor, stamdalar rikligt.

Spongilla lacustris, gemmulæ.
Arcella vulgaris (enl. LAGERH.).
Diffugia olliformis (enl. LAGERH.).

5. . . . 30 cm. *Gyttjig detritus* (enl. LAGERHEIM), rikare på mollusker än motsvarande lager i profil A.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar.
Betula alba, vinglösa frukter, grenar.
B. odorata, hängfjäll.
Carex cfr *filiformis*, nötter.
C. sp., frukter.
C. sp., nötter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum verticillatum, delfrukter.
Najas marina, frön.
Nuphar luteum, frön.
Nymphaea alba, frön.
Phragmites communis, noder.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. pectinatus, fruktstenar.
P. polygonifolius, fruktstenar.
Salix sp., pollen.
Scirpus lacustris, nötter.

Sparganium cfr *glomeratum*, fruktstenar.
S. sp., fruktstenar.
Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Cosmarium 8 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Staurostrum sp. (enl. LAGERH.).
Perca fluviatilis, fjäll.
Donacia spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-
 SON).
D. sp., täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Ancylus lacustris.
Bythinia tentaculata.
Limnæa ovata, skalfragment.
Pisidium nitidum.
P. subtruncatum.
Planorbis albus.
P. complanatus.
P. nautilæus.
P. umbilicatus.
P. vortex.
Valvata cristata.
Cladocera.

6. . . . 60 cm. *Torfartad detritus* (enl. LAGERHEIM), med hänsyn till fossilen i det närmaste öfverensstämmande med motsvarande lager i profil A.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar, grenfragment.
Batrachium sp., nötter.
Betula alba, bark, vinglösa frukter m. m.
B. odorata, hängfjäll.
Carex filiformis, frukter.
C. cfr Hornschuchiana, nötter.
C. sp., frukter.
C. spp., nötter.
Caryophyllacé, frön.
Chara-sporer.
Cirsium arvense, frön.
Cladium Mariscus, frukter, nötter.
Cornus sanguinea, fruktstenar.

Potamogeton gramineus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ranunculus Flammula, 1 nöt.
R. repens, nötter.
Rhamnus Frangula, frön.
Rubus idæus, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Solanum Dulcamara, frön.
Sparganium sp., fruktstenar.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Viola sp., 1 frö.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).

Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Cyperacé-nötter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum alterniflorum, delfrukter.
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Phragmites communis, noder.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, outvecklade blad.

Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Staurostrum sp. (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Plasmodiophora alni.
Perca fluviatilis, fjäll.
Donacia sp., bakre femur (enl. BENGTTSSON).
Cladocerer.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

Äfven lämningar af större vertebrater ha vid olika tillfällen anträffats i Vanstads mosse. Nästan hvar och en af de delägare i denna, till hvilka jag vändt mig med förfrågningar rörande dylika fynd, har meddelat något sådant. De flesta af desamma datera sig omkring 30--40 år tillbaka i tiden, då man här började att tillgodogöra sig torfvens undre partier och i sammanhang därmed äfven underliggande kalkgyttja. I denna senare uppgifvas flera fullständiga skelett hafva legat, under det att i torfven företrädesvis uppgräfts enstaka skelettdelar. Några tillförlitliga uppgifter, på grund af hvilka man skulle kunna sluta sig till de arter dessa, i regeln i benstampen hamnade lämningar tillhört, ha dock ej stått att erhålla. Med undantag af ett i Lunds Zoolog. Museum förvaradt älghorn (n:o 441), som förvärfvats redan 1864, äro samtliga vertebratfynd, rörande hvilka jag lyckats förskaffa mig upplysning, gjorda å aldra sista tiden. Något afseende vid de sålunda erhållna fynduppgifterna har emellertid endast fästs i de fall, att ifrågavarande lämningar kunnat förete. I det följande lämnas en öfversikt af de såväl i Vanstads mosse som i den därutmed belägna Löfvestads mosse tillvaratagna fynden, hvilka till större delen redan äro omnämnda i torfmosskommissionens årsberättelser ¹.

I den senglaciala sötvattenslera, som i dessa mossar närmast underlagrar kalkgyttjan, lär man, efter hvad från olika håll meddelats, hafva påträffat enstaka horn af större djur, men blott i ett endå fall ha fynduppgifterna kunnat af mig kontrolleras. Det fynd, som afses i detta fall, utgjordes af ett, å den till Vanstad n:o 7 hörande andelen af mossen uppgräfdt renhorn (Lunds Zoolog. Museum n:o 750).

Fynden från kalkgyttjan inskränka sig till ett, å moss-skiftet till n:o 20 Vanstad anträffadt *älgskellet*, af hvilket skallen med vidsittande horn befinner sig i enskild ägo, under det att öfriga delar ej tillvaratagits.

Från detritusgyttjan kunna följande fynd anföras: af *bäfver* en underkäke från Vanstads mosse (L. Z. M. n:o 709), af *hjort* diverse skelettdelar från Löfvestads mosse och ett kanonben från Vanstads mosse (L. Z. M. n:o 703), af *svin* (vildsvin?) en hörntand samt af *älg* skalle med vidsittande stora horn (L. Z. M. n:o 725), de båda sistnämnda fynden likaledes från Vanstads mosse.

¹ *Ymer*, 26 (1906), sid. 427; 27 (1907), sid. 453; 30 (1910), sid. 430; 31 (1911), sid. 416; 32 (1912), sid. 521.

Bland fynden från torfvan märkas tvenne svinskelett, båda uppgrädda i Vanstads mosse. Af det ena, som möjligen tillhört vildsvin, hade anträffats åtskilliga vertebrer och andra ben, men endast tvenne hörntänder tillvaratogs. Det andra skelettet är troligen att hänföra till tamsvin. Det hade först bemärkts, sedan åtskilliga delar af detsamma krossats i torfmaskinen, men torde dessförinnan hafva varit i det närmaste fullständigt. Båda fynden äro i enskild ägo. Jämte å olika ställen iakttagna enstaka skelettdelar af tamboskap, hvilka i de flesta fall torde hafva befunnit sig i sekundärt läge, äro bland fynden från torfven ytterligare att nämna tvenne hästskelett, af hvilka det ena är från Vanstads, det andra från Löfvestads mosse. Dessa hästskelett ha visserligen anträffats djupt ner i torfven, men äro det oaktadt af vida lägre ålder än hvad man på grund däraf kunde förmoda. Liksom ganska många i Skånes torfmossar upptagna skelett af såväl häst som tamboskap härröra de nämligen från djur, hvilka i senare tid blifvit nergrädda eller utvräkt i sedermera igenvuxna torfgrafvar.

De i dessa mossar tillvaratagna kulturföremålen inskränka sig till en vid torftäkt å det Vanstad n:o 7 tillhörande moss-skiftet anträffad *bärnstenspärla*. Denna uppgafs vara funnen i den egentliga torfven, men det djup, å hvilket den legat, kunde man emellertid ej erinra sig. Pärlan är tämligen groft utarbetad och därtill af så föga karakteristisk typ, att den lika gärna kan förskrifva sig från järnåldern som från den yngre stenåldern.

20. Sjön, en å ägora till Löfvestads by inom socknen med samma namn befintlig mosse. Närmare angifvet är den belägen omkring 1,7 km. V om kyrkan, utmed de östra sluttningarna af »Löfvestads åsar». Genom skrifvelse af den 3 juli 1907 från bokhållare MAGNUS NILSSON å Tranås-Esperöds gård hade torfmossekommissionen erhållit underrättelse om ett i denna mosse, af husmannen PER CARLSSON i Löfvestad strax förut gjordt fynd af en fossil kärrsköldpadda¹. Af denna hade tillvaratagits bukskalet, det något defekta ryggskalet samt bäckenet, hvilka lämningar, då jag kort därefter anlände till Esperöd, samtliga inköptes och numera förvaras i Lunds Zoolog. Museum (n:o 744). Enligt meddelande af PER CARLSSON, som åtföljde mig till mossen, hade fyndet gjorts å en till n:o 32 Löfvestad hörande mosslott, i en i närheten af den södra mosskanten upptagen torfgraf. Sköldpaddan uppgafs vara anträffad i »lefvertorfven» (detritusgyttjan), nära intill kontakten mellan denna och underliggande kalkgyttja. I omedelbar närhet af en i torfgrafven blottad profil var det som sköldpaddan befann sig, och själfva platsen, där hon legat, kunde till och med nog angifvas. Af exemplaret i fråga, som krossats under gräfningsarbetet, hade enligt samme persons uppgift endast de ofvan anförda skelettdelarna varit för handen, men härvid är likväl att märka, det någon undersökning af de omgifvande partierna af gyttjan ej ägt rum. Vid granskning af den ur nämnda graf upptagna käglade torfven fann jag emellertid ett skulderblad (med

¹ Ymer, 27 (1907), s. 452.

vidsittande processus coracoideus) af kärrsköldpadda, hvilket möjligen skulle kunna hafva tillhört det här funna exemplaret.

De lager, genom hvilka förutnämnda profil upptagits, voro följande:

1 (Underst). . . . 60 cm. + *Sötvattenslera*, enligt ett från 45—60 cm:s djup upptaget borrhprof grå eller blåaktig, nedåt utan skarp gräns öfvergående i sand.

Fossil:

Salix polaris, bladfragment.

Amblystegium fluitans, blad rikligt.
A. sp., blad.

2. . . . Omkring 45 cm. *Gyttja*. Af denna ha undersökts tvenne från olika djup tagna prof, ett, a, från bottenlagret och ett, b, från gyttjans öfversta del.

a. *Gyttja*, på grund af rikligt inblandad detritus ganska mörk, därtill något sandig.

Fossil:

Batrachium sp., hår (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Mossor, blad.
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 3 spp. (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

Pediastrum Kawraiskyi (enl. LAGERH.).
Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
Cladocer.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
D. globulosa (enl. LAGERH.).

b. *Gyttjans öfversta*, något ljusare, kalkhaltiga del.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.
Chara-sporer.
Cyperacé-pollen (enl. LAGERH.).
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton filiformis, fruktstenar.
Selaginella sp., mikrosporer (enl. LAGERH.).
Amblystegium fluitans, blad.
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 8 spp. (enl. LAGERH.).

Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
P. duplex (enl. LAGERH.).
P. integrum (enl. LAGERH.).
P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
Daphnia pulex, efippier.
Spongilla lacustris, gemmulæ.

3. . . . 25 cm. *Kalkgyttja*.
Kalkgyttjans understa del.

Fossil:

Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Cyperacéer, rhizom, slidor.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Mossa, blad.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).

Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Staurostrum 2 spp. (enl. LAGERH.).
Limnæa peregra.

| | |
|---|---------------------------------------|
| <i>Cosmarium</i> 6 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Valvata piscinalis</i> . |
| <i>Euastrum</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Cladocerer</i> . |
| <i>Gloeocapsa polydermatica</i> (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |

Kalkgyttjans öfversta del.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Geotrupes</i> sp., täckvingar (enl. BENGTTSSON). |
| <i>B. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>Carex</i> sp., nötter. | <i>Limnæa ovata</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>L. palustris</i> . |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>L. peregra</i> . |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Physa fontinalis</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Pisidium milium</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , frön. | <i>P. nitidum</i> . |
| <i>Polypodiace</i> -sporer (enl. LAGERH.). | <i>P. obtusale</i> . |
| <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. | <i>Planorbis complanatus</i> . |
| <i>P. pectinatus</i> , fruktstenar. | <i>P. nautilæus</i> . |
| <i>Cosmarium</i> 4 spp. (enl. LAGERH.). | <i>P. parvus</i> . |
| <i>Euastrum</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>P. umbilicatus</i> . |
| <i>Gloeocapsa polydermatica</i> (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Lyngbya</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Staurostrum</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Cladocerer</i> . |
| <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>T. muticum</i> (enl. LAGERH.). | <i>D. olliformis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Donacia spinosa</i> , täckvingar (enl. BENGTTSSON). | <i>Quadrula irregularis</i> (enl. LAGERH.). |

4. . . . 20 cm. *Detritusgyttja*.

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Gloeocapsa</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>B. odorata</i> , hängfjäll. | <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Carex</i> spp., nötter. | <i>Lyngbya</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , frukter. | <i>T. muticum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Anas Penelope</i> , 1 öfverarmsben (enl. H. WINGE). |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Donacia bidens</i> , täckvinge (enl. BENGTTSSON). |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>D. spinosa</i> , täckvinge (enl. BENGTTSSON). |
| <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>P. pectinatus</i> , fruktstenar. | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Quercus</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Planorbis parvus</i> . |
| <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. | <i>P. umbilicatus</i> m. fl. mollusker. |
| <i>Sparganium cfr glomeratum</i> , fruktstenar. | <i>Daphnia</i> sp., efpier. |
| <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Nepheleis octoculata</i> , kokonger. |
| <i>Chroococcacæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Arcella vulgaris</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cosmarium</i> 4 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Euastrum</i> sp. (enl. LAGERH.). | |

5. . . . Omkr. 25 cm. Torf, gyttjig.

Fossil:

Alnus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Betula alba, vinglösa frukter.
Carex filiformis, frukter.
C. spp., nötter.
Ceratophyllum submersum, fruktstenar.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter rikligt.
Cornus sanguinea, 2 fruktstenar.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Nymphaea alba, frön.
Phragmites communis, noder.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. pectinatus, fruktstenar.

Ranunculus sp., 1 nöt.
Rubus sp., fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Sparganium cfr *glomeratum*, fruktstenar.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium 2 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron muticum (enl. LAGERH.).
Rana sp., skelettdelar.
Donacia spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-
 SON) m. fl. skalbagglämningar.
Bythinia tentaculata, lock.
Cladocera.

6. . . . 80 cm. Svämrtorf, ej tydligt skild från föregående lager; på grund af mossens utdikning starkt uttorkad och hopsjunknen, därtill ganska multnad. Rikligt genomdragen af nedväxta trädrötter, innesluter den hufvudsakligast lämningar af en trädvegetation, särskildt grenfragment, hvilka till större delen tillhöra björk (*Betula alba* L.).

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar, grenfragment.
Betula alba, vinglösa frukter, m. m.
B. odorata, hängfjäll.
Carex spp., nötter.
Cladium Mariscus, nötter.
Comarum palustre, nötter.
Cornus sanguinea, fruktstenar.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Ericiné-pollen (enl. LAGERH.).
Nymphaea alba, frön.
Pinus silvestris, frön, kottefjäll.
Polypodiace, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, 1 fruktsten.

Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Rhamnus Frangula, frön.
Rubus idæus, fruktstenar.
Solanum Dulcamara, frön.
Sparganium ramosum, fruktstenar.
Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).
Conferva bombycina (enl. LAGERH.).
Donacia bidens, täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).
Nephelis octoculata, kokonger.
Arcella artocera (enl. LAGERH.).
Centropyxis sp. (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
Euglypha sp. (enl. LAGERH.).

En i Ymer (årg. 1907, s. 454) förekommande notis om ofvan beskrifna fynd angifves af HOLST (1909, s. 27—28) såsom stöd för hans uppgift, att kärrsköldpaddan anträffats i »den öfre lefvertorfven». Enligt notisen, som grundar sig på den af mig till torfmosskommissionen aflämnade fyndberättelsen, hade sköldpaddan »legat i den närmast på bleket hvilande, mörka gyttjan (den s. k. lefvertorfven)». Vidare uppgifver samme författare, att man i »den öfre lefvertorfven» i Kallsjö mosse

funnit frukter af *Trapa natans*. På grund af dessa fynd drager HOLST den slutsats, att kärrsköldpaddan invandrat till Sverige under »den egentliga Trapatiden». Därvid utgår han emellertid från, att den öfre lefvertorfvens bildning allestädes varit karakteristisk för ett visst tidsskede, ett antagande, som ej har någon sannolikhet för sig och för hvilket HOLST ej heller kunnat förebringa några bevis. På annat ställe framhåller han (1911, s. 104—105), i sammanhang med beskrifningen af den i lefvertorfven i Sandåkra och Kallsjö mossar uppträdande floran, att »denna lefvertorfvens öfversta del vittnar om ett temperaturmaximum och kännetecknas ytterligare af den sydliga eller åtminstone kontinentala kärrsköldpaddan, *Emys lutaria*, och den sydliga grönalgen *Pediastrum simplex*.» Då något sköldpaddfynd mig veterligt ej föreligger från nämnda båda mossar, och sålunda äfven här afses fyndet från Löfvestad (Sjön), kunde man af HOLSTS anförande hafva anledning förmoda, att denna, *Trapa* ofta beledsagande alg påträffats i därvarande »lefvertorf». Så är emellertid ej förhållandet enligt hvad prof. LAGERHEIMS upprepade undersökningar gifva vid handen. Af dessa vill det nämligen synas, som skulle såväl denna som en annan, i Trapalagren likaledes funnen alg, *Staurastrum leptocladum*, alldeles saknas icke allenast i sistnämnda mosse utan äfven å öfriga, närmare beskrifna skånska sköldpaddfyndorter, å hvilka i anslutning här till ej heller direkta spår af *Trapa* kunnat påvisas, vare sig i »lefvertorfven», (detritusgyttjan) eller i andra lager. Det oaktadt torde af skäl, som längre fram skola angifvas, vara sannolikt, att sköldpaddan invandrat vid ungefär samma tid som *Trapa*, hvilken art enligt hvad GUNNAR ANDERSSON (1909, s. 68) påvisat, redan under den senare delen af *Ancylustiden* fanns i södra Sverige. Då den forntida förekomsten af såväl kärrsköldpaddan som *Trapa* ofta framdrages såsom bevis för, att ett klimat varmare än det nuvarande under ett visst skede af den postglaciala tiden varit rådande i vårt land, skulle det tydligen vara af vikt, om man kunde fastställa de båda arternas inbördes ålder. Hittills har emellertid ej påvisats något fynd, på grund hvaraf man kan draga någon slutsats i detta afseende.

21. Sniberups mosse i Östraby sn är belägen omkring 0,5 km. S om Sniberups gård och genomflytes af ån med samma namn. Dess höjd öfver hafvet uppgår till omkring 115 m. Från västra delen af denna mosse föreligga ej mindre än trenne, på olika ställen gjorda fynd af fossil kärrsköldpadda. Samtliga dessa fyndställen äro belägna inom det till Sniberups gård hörande moss-skiftet å en rät linie, som tänkes dragen i N och S tvärs öfver mossen mot Sniberupsån, af hvilken denna del af mossen begränsas i söder.

Profil A. Enligt benäget meddelande af den 15 nov. 1909 från intendenten G. KARLIN hade han någon tid förut af ägaren till Sniberups gård, hr P. JEFFSSON, inköpt lämningar af en kärrsköldpadda, hvilka enligt den senares uppgift samma år anträffats vid torftäkt i Sniberups mosse¹. Dessa lämningar, hvilka utgjordes

¹ Ymer, 30 (1910), s. 429.

af ryggskalet samt bakre hälften af bukskalet, ha sedermera öfverlämnats till Lunds Zoolog. Museum (n:o 726). På grund af det höga vattenstånd, som uppgafs för tillfället vara rådande i mossen, uppsköts den tillämnade undersökningen därstädes till påföljande sommar, då jag åtföljd af JEPSSON besökte stället, där sköldpaddlämningarna påträffats. Detta var beläget omkring 90 m. N om ån, ungefär midt i mossen. Sköldpaddan i fråga, som krossats af spaden, hade enligt JEPSSONs uppgift legat *nederst* i den närmast på kalkgyttjan följande »lefvertorfven» (detritusgyttjan). Jämte de nämnda lämningarna skulle äfven förefunnits åtskilliga smärre skalfragment, men dessa hade ej tillvaratagits.

I en profil, som upptogs på ett afstånd af omkring 1 m. från fyndplatsen, var lagerföljden:

1 (Underst). . . . 30 cm. + *Sötvattenslera*, grå- eller grönaktig, rikligt uppblandad med gyttja, därtill något sandig.

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Betula nana</i> , frukter. | <i>Lepidurus glacialis</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>Dryas octopetala</i> , blad. | <i>Limnæa</i> sp., skalfragment. |
| <i>Isoëtes lacustris</i> , sporer. | <i>Planorbis nautilæus</i> . |
| <i>Salix polaris</i> , blad. | <i>Valvata cristata</i> . |
| Mossa. | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Diatomacæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Daphnia pulex</i> , efpipier. |
| <i>P. integrum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>P. Kawraiskyi</i> (enl. LAGERH.). | |

Att leran, såsom de däri gjorda fynden af *Dryas octopetala* och *Salix polaris* angifva, blifvit afsatt under senglacial tid, bestyrkes än ytterligare af ett därstädes gjordt fynd af *ren*. Efter hvad JEPSSON uppgaf, hade nämligen 1906 i södra delen af mossen vid uppränsning af Sniberupsån uppgräfts ett renhorn. Därmed afsågs det i redogörelsen för torfmosskommissionens verksamhet under 1906 anförda fyndet af ett fäldt renhorn från Sniberups mosse. Enligt meddelande till torfmosskommissionen från landtbrukaren NILS PERSSON i Starrarp hade hornet anträffats omkring 40 cm. djupt ner i den af kalkgyttja öfverlagrade »leran», d. v. s. på ungefär samma djup som jag insamlat de arktiska växtlämningarna. Jämte hornet, som öfverlämnades till Lunds Zoolog. Museum (n:o 739), hade NILS PERSSON medsändt ett prof af omgifvande »lera», hvilket, undersökt af doc. O. GERTZ¹, af honom befunnits vara en lerblandad gyttja tillhörande *Dryaszonen*. Enligt den af GERTZ aflämnade fyndberättelsen har han i detta prof anträffat följande fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Betula nana</i> , hängfjäll, 1 frukt. | Mossa. |
| <i>Dryas octopetala</i> , blad. | <i>Dendrocoelum lacteum</i> , 1 kokong. |
| (<i>Triglochin palustre</i> ?). | |

¹ Ymer, 26 (1906), s. 428—429.

Anmärkningsvärdt är, såsom jag i en föregående uppsats (s. 388) påvisat, att *Bythinia tentaculata*, som af A. C. JOHANSEN (1904, s. 53) hänföres till de mollusker, hvilkas nuvarande nordgränser inom vårt land äro att förlägga till juliisotermen för cirka 14—16° C., det oaktadt såsom ofvan anförts anträffats i gyttja, otvifvelaktigt afsatt i sen-glacial tid. Då nu JOHANSEN (1906, s. 18) på grund däraf, att man i sen-glaciala lager påvisat förekomsten af *Anodonta cygnea*, hvars nordgräns sammanfaller med juliisotermen för omkr. 12—14° C., håller för sannolikt, att medeltemperaturen för juli under den sen-glaciala tidens varmaste del uppgått till 12—14° C., skulle tydligen, om afseende uteslutande fästes vid denne författares schema, nämnda förekomst af *Bythinia tentaculata* angifva, att temperaturen då varit ännu högre. Men å andra sidan torde det, i enlighet med hvad WESENBERG-LUND (s. 462—467) framhåller, vara tvifvelaktigt dels huruvida sötvattensmolluskernas nordgränser verkli-gen kunna bestämmas så noga som JOHANSEN förutsätter, dels huruvida dennes antagande, att dessa nordgränser äro beroende på luftens juliisoterm, äger full allmängiltighet.

2. . . . 10 cm. *Pediastrégyttja* (enl. LAGERHEIM), gulaktig, liksom underliggande lera rikligt genomdragen af växtrötter.

Fossil:

Betula nana, frukter.
Chara-sporer.
Salix sp., pollen (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
P. integrum (enl. LAGERH.).
P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).
Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.

Bythinia tentaculata.
Limnæa peregra.
Pisidium nitidum.
Planorbis parvus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocerer.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

3. . . . 52 cm. *Kalkgyttja*.

Kalkgyttjans *understa* del, af högre växter knappast inneslutande andra lämningar än rhizom och slidor af cyperacéer.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängefjäll.
Chara-sporer.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum filix mas, sporer (enl. LAGERH.).
Salix sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Botryococcus Braunii (enl. LAGERH.).
Cosmarium 5 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum integrum (enl. LAGERH.).
Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).

Limnæa peregra.
Pisidium Henslowianum.
P. milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
P. subtruncatum.
Planorbis complanatus.
P. nautilæus.
P. parvus.
P. Strömi.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocerer.

Esox lucius, 1 tand.
Petromyzon fluviatilis, tänder (enl. O. HOLM-
 QVIST).
 Skalbaggglämningar.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.

Spongilla lacustris, gemmulæ.
Centropyxis sp. (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
D. olliiformis (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

Kalkgyttjans öfversta 10 cm. mäktiga del.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
Carex sp., nötter.
Ceratophyllum sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Myriophyllum sp., blad.
M. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Najas marina, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LA-
 GERH.).
Potamogeton alpinus, fruktstenar.
P. crispus, fruktstenar.
P. gramineus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
P. prælongus, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Ulmus sp., pollen.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium 8 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 2 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya Lagerheimii (enl. LAGERH.).

Pediastrum angulosum var. *araneosum* (enl.
 LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
P. duplex (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetrædron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
 Skalbaggglämningar.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. ovata.
L. stagnalis.
Pisidium milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
Planorbis complanatus.
P. contortus.
P. nautileus.
P. parvus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Arcella sp. (enl. LAGERH.).
Centropyxis delicatula (enl. LAGERH.).
Diffugia olliiformis (enl. LAGERH.).

4. . . . 33 cm. *Detritusgyttja*, mörkbrun till grönaktig, skarpt begränsad från föregående lager.

Fossil:

Alnus glutinosa, pollen (enl. LAGERH.).
Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, blad, hängfjäll.
B. verrucosa, blad, hängfjäll.
Carex sp., frukter.
C. sp., nötter.
Caryophyllacé-frön.
Chara-sporer.
Cirsium palustre, 1 frukt.
Corylus Avellana, pollen.

Rubus idæus, fruktstenar.
Rumex sp., 1 frukt med omgifvande hylle.
Salix aurita, blad.
S. caprea, blad.
S. cinerea, blad.
Scirpus lacustris, nötter.
Fontinalis? sp., stamdelar.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).

Myriophyllum verticillatum, delfrukter.
Najas marina, frön.
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Populus tremula, hängefjäll.
Potamogeton filiformis, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
P. cfr trichoides, fruktstenar.
Ranunculus Flammula, 1 nöt.

Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).
Donacia spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-
 son) m. fl. skalbagglämnningar.
Anodonta cfr cygnea, kitinhöljen.
Helix fruticum m. fl. mollusker.
Daphnia pulex, eippier.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).

Enligt uppgift, som likaledes lämnats mig af JEPSSON, anträffades 1908 några meter S om fyndstället för sköldpaddan, i samma lager och på samma djup som denna, en af hjorthorn förfärdigad, med skafthål försedd *yxa*. Denna, som samtidigt med sköldpaddlämnningarna inköptes af KARLIN, har af honom skänkts till Kulturhistoriska Museet i Lund (n:o 19808). Nära intill det ställe, där yxan uppräddes, anträffades 1911 likaledes i »lefvertorfvens» understa del lämningar af ett *hjortskelett*. Dessa, som tillvaratogs af JEPSSON, utgjordes af 1 lårben, 1 skenben och 1 kanonben (Lunds Zoolog. Museum n:o 768), hvilka samtliga enligt docent HOLMQVIST hafva tillhört en af de bakre extremiteterna af ett yngre djur.

5. . . . Omkr. 40 cm. *Detritustorf?*, brun, ej tydligt skild från underliggande gyttja. Enligt hvad de af LAGERHEIM undersökta profven angifva, tyckas alger alldeles saknas såväl i denna som i öfriga delar af den i profilen i fråga blottade torfven.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, blad.
B. verrucosa, blad.
Carex ampullacea, frukter.
C. cfr vesicaria, nötter.
C. sp., frukter.
C. spp., nötter.
Ceratophyllum submersum, fruktstenar.
Cicuta virosa, delfrukt.
Corylus Avellana, 1 nöt.
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum verticillatum, delfrukter.
Najas marina, frön.
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton alpinus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
Rhamnus Frangula, frön.

Rumex sp., 1 nöt
Salix aurita, blad.
S. caprea, blad.
S. cinerea, blad.
S. sp., blad.
S. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Scirpus lacustris, nötter.
Solanum Dulcamara, frön.
Sparganium ramosum f. *microcarpa*, fruktstenar.
Stratiotes aloides, bladfragment rikligt.
Plasmodiophora alni.
Donacia spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-
 son).
Ilybus sp., täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).
Bythinia tentaculata.
Limnæa spp., skalfragment.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Oligochæta, kapslar.
Spongilla lacustris, gemmulæ.

6. . . . Omkr. 50 cm. *Svämtorf* (altorf?), nästan svart, rik på trädlämningar, särskildt grenar. Den öfvervägande mängden af dessa har visat sig tillhöra björk (*Betula alba* L.). Af klibbal har vid profilens upptagande jämte andra lämningar äfven påträffats en omkr. 30 cm. tjock stam, men huruvida denna härrör af ett å fyndstället kullvräkt träd eller insvämmats å sin nuvarande plats kunde ej afgöras.

Fossil:

| | |
|---|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter, kottespindlar m. m. | <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. |
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter m. m. | <i>Myriophyllum</i> sp., delfrukter. |
| <i>Carex ampullacea</i> , nötter. | <i>Pinus silvestris</i> , frön. |
| <i>C. filiformis</i> , frukter. | <i>Potamogeton alpinus</i> , fruktstenar. |
| <i>C. cfr vesicaria</i> , nötter. | <i>Ranunculus Flammula</i> , nöt. |
| <i>C. spp.</i> , nötter. | <i>Rhamnus Frangula</i> , frön. |
| <i>Caryophyllacé</i> -frön. | <i>Rubus idæus</i> , fruktstenar. |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Solanum Dulcamara</i> , frön. |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | <i>Plasmodiophora alni</i> . |
| | Skalbagglämningar. |

7. . . . Omkr. 60 cm. *Kärrtorf*, starkt multnad och intorkad, af ljusare färg än underliggande torf. Jämförelsevis fattig på bestämbara fossil, innesluter den hufvudsakligast lämningar af *Menyanthes trifoliata* och *Carices*.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter, kottespindlar, grenar. | <i>Myriophyllum verticillatum</i> , delfrukter. |
| <i>Betula alba</i> , bark, grenfragment. | <i>Pinus silvestris</i> , frön. |
| <i>Carex ampullacea</i> , nötter. | <i>Prunus Padus</i> , 1 fruktsten. |
| <i>C. cfr filiformis</i> , nötter. | <i>Rubus idæus</i> , fruktstenar. |
| <i>C. sp.</i> , frukter. | <i>R. sp.</i> , fruktstenar. |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Solanum Dulcamara</i> , frön. |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | Mossa. |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Plasmodiophora alni</i> . |
| | Skalbagglämningar. |

Materialet till förutnämnda yxa har erhållits af ett mellan kronan och midtelgrenen, något ofvanför den senare tvärt afskuret stycke af ett gröfre hjorthorn. Yxan, som har en längd af c. 28 cm., är vid nacken knappast tjockare än vid skafthålet. Den numera afslagna eggen, som utarbetats af hornstyckets intill kronan belägna, något bredare och plattade del, synes vara åstadkommen däri-genom, att hornstycket tillskärpts snedt från ena sidan, under det att det å mot-satta sidan endast blifvit något afsnedadt och glättadt. Den glatta ytan torde emellertid ej uteslutande härröra af slitning utan är helt säkert att tillskrifva af-siktlig bearbetning. En tydlig, ehuru svagare glättning kan dessutom iakttagas öfverallt å yxans yta. Skafthålet, hvars läge angifver, att här föreligger en rät-yxa, är dels utskuret, dels borraradt från båda sidor. Mot vanligheten befinnet det

sig ej i närheten af nacken, utan är anbragt närmare yxans midt. Hvad åter beträffar en å yxan genom skafthålet gående längdspricka, har denna säkerligen uppstått vid hornets intorkning efter upptagandet.

För bestämningen af yxans ålder är man så godt som uteslutande hänvisad till de karaktärer, som kunna hämtas från skafthålets läge. Med hänsyn därtill särskiljas bland hornyxorna som bekant tvenne hufvudtyper. Af dessa utmärkes den ena därigenom, att skafthålet är anbragt nära yxans, af hornets kvarsittande basala del bildade nacke, under det att den andra har skafthålet borradt genom en gren och nacken bildad af det tvärt afskurna hornets ända. Den förstnämnda typen, som, efter hvad SARAUW (1903, s. 212), visat, redan förekommer under Maglemosetiden, är ensamrådande i kjökkenmöddingarnas lägsta lager, i de öfre åter blandad med den andra typen. Hvad nu beträffar ifrågavarande yxa, som ej gärna kan vara äldre än från kjökkenmöddingtiden, är dess skafthål utarbetadt på samma sätt som hos förstnämnda typ, ehuru det på grund af nackpartiets svagare beskaffenhet förlagts närmare yxans midt. Då äfven motsvarigheter till en dylik afvikande form föreligga från kjökkenmöddingarnas äldsta lager, möter tydligen intet hinder för, att yxan kan vara af samma ålder som dessa. Museidirektör SOPHUS MÜLLER, som godhetsfullt granskat yxan, har därvid icke allenast kommit till samma resultat, utan därtill uttalat såsom sin bestämda öfvertygelse, att den verkligen förskrifver sig från den äldsta kjökkenmöddingtiden.

Den omständigheten, att sköldpaddan anträffats i samma lager som yxan, är emellertid ingalunda absolut afgörande i fråga om det arkeologiska tidsskede, under hvilket hon lefvat, enär den möjligheten alls icke är utesluten, att endera eller båda kunnat hafva inkommit i gyttjelagret, sedan detta redan var afsatt. Endast under den förutsättning, att såväl sköldpaddan som yxan inlagrats i omgifvande gyttja redan vid dennas bildning, skulle man här hafva en verklig hållpunkt för en åldersbestämning. Då intet förhållande direkt talar för att vare sig yxan eller sköldpaddan inkommit i lagret efter dettas bildning, synes denna fyndort lämna ett mycket godt stöd för antagandet, att sköldpaddan lefvat i Skåne under den äldsta kjökkenmöddingtiden, d. v. s. ungefär vid tiden för Litorinahafvets maximumstånd.

Profil B. Då jag sommaren 1911 ånyo besökte Sniberups mosse, meddelade JEFFSSON, att man någon tid förut vid torftäkt därstädes anträffat en sköldpadda¹. Den af honom utvisade fyndplatsen för denna var belägen omkr. 50 m. S om profil A, på ett afstånd af cirka 40 m. från ån. JEFFSSON hade visserligen icke varit närvarande, då fyndet gjordes, men enligt arbetarnas uppgift skulle ifrågavarande sköldpadda liksom den förut funna vara anträffad nederst i »lefvertorfven», omedelbart intill underliggande kalkgyttja. Af sköldpaddan, som krossats af redskapet, hade tillvaratagits² åtskilliga lämningar såsom hela bukskalet, större delen af ryggskalet, två halskotor, skulderblad, diverse extremitetben samt bäckenet. Fyndet i sin helhet inköptes och förvaras i Lunds Zoolog. Museum (n:o 747).

¹ Ymer, 31 (1911), s. 416.

En profil, som upptogs nära intill det ställe, där sköldpaddan uppgafs hafva legat, visade nedanstående lagerföljd:

- 1 (Underst). . . . 40 cm. + *Gyttja*, nedåt öfvergående i grof, grusblandad sand. Gyttjans *undre*, mörkare del (= sandig *Pediastrégyttja* enl. LAGERHEIM).

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Pediastrum integrum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula</i> sp., bladfragment. | <i>P. Kawraiskyi</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>B.</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Scenedesmus bijuga</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Dryas octopetala</i> , blad. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Isoëtes lacustris</i> , sporer. | <i>Lepidurus glacialis</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa peregra</i> . |
| <i>Potamogeton alpinus</i> , fruktstenar. | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Salix</i> sp., bladfragment. | <i>P. obtusale</i> . |
| Mossa, blad. | <i>Valvata piscinalis</i> . |
| <i>Anabæna</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Daphnia pulex</i> , efippier. |
| <i>Cosmarium</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |

Gyttjans *öfversta*, ljusare del (= *Pediastré-diatomégyttja* enl. LAGERHEIM).

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Batrachium</i> sp., nötter. | <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | Skalbagglämningar. |
| <i>Graminé</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa peregra</i> . |
| <i>Potamogeton filiformis</i> , fruktstenar. | <i>Pisidium milium</i> . |
| Mossa. | <i>P. nitidum</i> . |
| <i>Chrysomonadinéer</i> (enl. LAGERH.). | <i>P. obtusale</i> . |
| <i>Diatomacéer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Planorbis nautilæus</i> . |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>P. integrum</i> (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>P. Kawraiskyi</i> (enl. LAGERH.). | <i>Ostrakoder</i> . |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>Cladocerer</i> . |
| <i>Scenedesmus bijuga</i> (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| <i>S. quadricauda</i> (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |

2. . . . 48 cm. *Kalkgyttja*.

Bottenlagret.

Fossil:

| | |
|--|-----------------------------|
| <i>Betula</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa auricularia</i> . |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>L. peregra</i> . |
| <i>Graminé</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Pisidium milium</i> . |

Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium 8 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeocapsa sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Bythinia tentaculata.

P. nitidum.
P. obtusale.
P. subtruncatum.
P. sp.
Planorbis parvus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocer.
Arcella sp. (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

Kalkgyttjans öfversta del (= *Pediastré-kalkgyttja* enl. LAGERHEIM).

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Caryophyllacé-frön.
Chara-sporer.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Hippuris vulgaris, 1 fruktsten.
Myriophyllum verticillatum, delfrukter.
Najas marina, frön.
N. sp. eller *Ceratophyllum* sp., pollen (enl. LAGERH.).
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Potamogeton alpinus, fruktstenar.
P. gramineus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Cosmarium 4 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum angulosum var. *araneosum* (enl. LAGERH.).
P. Boryanum (enl. LAGERH.).
P. duplex (enl. LAGERH.).
P. integrum (enl. LAGERH.).

Pediastrum muticum (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetraëdron caudatum (enl. LAGERH.).
T. minimum (enl. LAGERH.).
Donacia spinosa, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. ovata.
L. palustris.
Pisidium milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
P. subtruncatum.
Planorbis albus.
P. complanatus.
P. nautilæus.
P. parvus.
P. umbilicatus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Centropyxis delicatula (enl. LAGERH.).

3. . . . 20 cm. *Detritusgyttja*, här mörkare än i profil A, därtill rikare på mossor.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
Carex sp., nötter.
Caryophyllacé-frön.

Potamogeton natans, fruktstenar.
P. cfr obtusifolius, fruktstenar.
Ranunculus repens, 1 nöt.
Scirpus lacustris, nötter.

Cirsium palustre, 1 frukt.
Cladium Mariscus, 1 nöt.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum cfr *alterniflorum*, delfrukter.
M. verticillatum, delfrukter.
Najas marina, frön.
N. sp. (eller *Ceratophyllum sp.*), pollen (enl. LAGERH.).
Nuphar luteum, frön.
Nymphaea alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton alpinus, fruktstenar.
P. crispus, fruktstenar.
P. cfr gramineus, fruktstenar.

Fontinalis? sp., stamdelar.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium 4 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Fisklämningar.
Donacia impressa, täckvinge (enl. BENGTS-SON).
D. spinosa, bakre femur (enl. BENGTS-SON) m. fl. skalbagglämningar.
Daphnia pulex, efippier.
Anodonta cygnea.
Bythinia tentaculata m. fl. mollusker.
Dendrocælum lacteum, kokonger.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Arcella vulgaris (enl. LAGERH.).
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).

4. . . . 10 cm. *Detritustorf*, tydligt skild från föregående lager, i jämförelse med motsvarande torf i profil A fattig på växtlämningar.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar.
Betula alba, bark, grenfragment.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex sp., frukter.
C. sp., nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Cyperacé-nötter.
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön.

Pinus silvestris, frön.
Potamogeton alpinus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Bythinia tentaculata.
Staphylinus sp., täckvinge (enl. BENGTS-SON).
Oligochæta, kapslar.

5. . . . Omkr. 40 cm. *Svämrtorf* (*Altorf?*), nästan svart, uppåt utan skarp gräns öfvergående i kärrtorf. Rik på trädlämningar, särskildt af björk.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar, grenar, ved.
Betula alba, bark, grenfragment, ved.
Carex filiformis, nötter.
C. sp., frukter.
C. sp., nötter.
Caryophyllacé-frön.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, delfrukter.
Menyanthes trifoliata, frön.
Nuphar luteum, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polypodiace-sporangium (enl. LAGERH.).

Potamogeton gramineus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Ranunculus Flammula, 1 nöt.
Rhamnus Frangula, frön.
Solanum Dulcamara, frön.
Taraxacum officinale, 1 frukt.
Ulmaria pentapetala, 1 delfrukt.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna Lemmermanni (enl. LAGERH.).
Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Skalbagglämningar.
Oligochæta, kapslar.

6. . . . Omkr. 60 cm. *Kärrtorf*, starkt multnad och intorkad, af samma allmänna karakter som motsvarande, från profil *A* beskrifna torf och liksom denna fattig på bestämbara växtlämningar.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, bark m. m.

Betula alba, bark; grenfragment.

Carex spp., nötter.

Menyanthes trifoliata, frön rikligt.

Pinus silvestris, frön.

Rubus sp., fruktstenar.

Solanum Dulcamara, frön.

Skalbagglämningar.

Profil C. Sommaren 1913 hade ytterligare ett sköldpaddfynd gjorts i Sniberups mosse, enligt hvad JEPPSSON meddelade mig vid ett besök därstädes. Ifrågasvarande fynd inskränkte sig emellertid till ett bukskal (Lunds Zoolog. Museum n:o 748), som han själf anträffat omkr. 70 m. N om Sniberupsån, midt emellan profil *A* och profil *B*. Skalet hade varit inneslutet i »lefvertorfven», men alldenstund det observerades först sedan denna var uppvärkt, kunde JEPPSSON ej med bestämdhet säga, huruvida detsamma, liksom de båda andra, i denna mosse förut funna sköldpaddorna, legat i själfva bottenlagret. Några andra sköldpaddlämningar hade ej anträffats tillsammans med bukskalet och ej heller stått att finna i de omgifvande partierna af »lefvertorfven», oaktadt dessa noga genomsökts. På grund däraf ansåg JEPPSSON föga sannolikt, att den sköldpadda, som skalet tillhört, i likhet med förutnämnda båda exemplar krossats under gräfningsarbetet. Detta isynnerhet som det säkerligen ej skulle hafva undgått arbetarnas uppmärksamhet, om de med redskapen verkligen råkat på ett dylikt föremål. Om JEPPSSONS undersökningar varit så noggranna som han själf uppgifver, skulle här föreligga ett hos oss ej förut iakttaget fall, då sköldpaddlämningarna varit kringspridda redan före inbäddningen. Sålunda skulle den möjligheten varit utesluten, att detta exemplar lefvat efter den tid, då det omgifvande lagret afsattes, något som däremot för de båda andra sköldpaddornas vidkommande ej kan anses vara stäldt utom hvarje tvifvel.

Att närmare beskrifva den profil, som upptogs i omedelbara närheten af förutnämnda fyndplats, torde visserligen ej behövas, enär de därvid blottade lagren hvad fossilen beträffar föga skilja sig från motsvarande lager i profil *A*. På grund af de mindre vanliga omständigheter, under hvilka ifrågasvarande sköldpaddskal anträffats, anser jag mig det oaktadt böra lämna en öfversikt af faunan och floran i »lefvertorfven», d. v. s. detritusgyttjan, hvori fyndet gjorts. Därvid är emellertid att märka, att denna ej undersökts vare sig på pollen eller alger.

I *detritusgyttjan*, hvars mäktighet uppgick till knappt 30 cm., ha insamlats följande fossil:

Alnus glutinosa, frukter.

Betula alba, grenfragment.

B. odorata, blad, hängefjäll.

B. verrucosa, hängefjäll.

Carex sp., nötter.

Salix sp., bladfragment.

Scirpus lacustris, nötter.

Fontinalis? sp., stamdelar.

Esöx lucius, skelettdelar.

Carabid, täckvinge (enl. BENGTTSSON).

Chara-sporer.

Menyanthes trifoliata, frön.

Myriophyllum verticillatum, delfrukter.

Najas marina, frön.

Nuphar luteum, frön.

Nymphaea alba, frön.

Pinus silvestris, frön.

Populus tremula, hängefjäll.

Potamogeton alpinus, fruktstenar.

P. natans, fruktstenar.

P. cfr *trichoides*, fruktstenar.

Rhamnus Frangula, frön.

Salix cinerea, blad.

Donacia mutica, täckvingar (enl. BENGTS-
SON).

D. spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-
SSON).

Staphylinid, täckvinge (enl. BENGTS-
SSON)
m. fl. skalbagglämningar.

Anodonta cfr *cygnea*, kitinhöljen.

Bythinia tentaculata.

Limnaea ovata, skalfragment.

Planorbis albus.

Valvata cristata.

V. piscinalis.

Nepheleis octoculata, kokonger.

Oligochæta, kapslar.

22. Hvitesjö mosse, i St Olofs socken, belägen omkr. 2 km. N om kyrkan, strax väster om vägen mot Raflunda. Från denna mosse föreligga åtskilliga sköldpaddfynd, af hvilka det första gjordes 1881 af åbon ANDERS BENGTS-
SSON å Hvitebro n:o 1. Af en då anträffad sköldpadda hade tillvaratagits rygg- och bukskalen, hvilka kort därefter blefvo försålda till handlanden SVEN JOHANSSON i Raflunda och af honom skänkta till Lunds Zoolog. Museum (n:o 737). Då jag underrättad om fyndet samma år besökte Hvitebro, funnos nämnda lämningar visserligen ej längre kvar hos ANDERS BENGTS-
SSON, men kunde denne lämna noggranna upplysningar rörande såväl platsen, där sköldpaddan legat, som de omständigheter, under hvilka den anträffats. Fyndet uppgafs vara gjordt i mossens sydöstra del, å en till ANDERS BENGTS-
SSONS gård hörande, på ett afstånd af cirka 80 m. därifrån belägen mosslott. Sköldpaddan fanns längst ner i »den på snäckor rika lefvertorften» (detritusgyttjan), närmast intill den underliggande »kalken». Enligt hvad ANDERS BENGTS-
SSON meddelade mig, då jag under sommaren 1906 ånyo besökte Hvitebro, hade han å samma sin mosslott under de senare åren upprepade gånger påträffat sköldpaddor. Dessa hade först uppmärksamrats vid torfvens bearbetande, som ägt rum i grafven, och voro då merendels redan krossade af redskapen. Sommaren 1904 hade han likväl funnit ett något mindre skadadt exemplar, af hvilket några större skalfragment tillvaratagits. Af dessa kunde emellertid endast bakre delen af bukkalet nu tillrättaskaffas. Enligt af ANDERS BENGTS-
SSON likaledes lämnad uppgift hade äfven under sommaren 1906 anträffats lämningar af en vid torfvens bearbetning krossad sköldpadda, en uppgift, hvars tillförlitlighet jag själf var i tillfälle att bekräfta. Vid granskning af den å fyndstället upptagna, till torkning käglade torfven lyckades det nämligen mig att finna ej mindre än 26 skalbitar, fragment af ett bäcken samt ett lårben. Äfven de båda sistnämnda fynden ha öfverlämnats till Lunds Zoolog. Museum (n:is 741 och 742). Af de samstämmiga uppgifter, som lämnats af såväl ANDERS BENGTS-
SSON som flera personer, hvilka under de senare åren varit honom behjälpliga vid torfupptagning, framgår dels, att samtliga här

iakttagna sköldpaddor äro funna inom ett område ej öfverstigande 300 kvm., dels att de alla i likhet med det 1881 tillvaratagna exemplaret härröra från »leftertorfvens» understa, på »kalken» hvilande del.

I en profil, A, som upptogs 1906 omedelbart intill det ställe, där den samma år påträffade sköldpaddan fanns, var lagerföljden:

1 (Underst). . . . 40 cm. + *Sötvattenslera*, ljusgrå, sandblandad.

Fossil:

Botryococcus Braunii (enl. LAGERH.).

Spongilla lacustris, gemmulæ.

Cosmarium 3 spp. (enl. LAGERH.).

2. . . . Omkr. 20 cm. *Pediastrégyttja* (enl. LAGERHEIM), på grund af inblandad detritus tämligen mörk, dessutom något kalkhaltig och sandig.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.

Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).

P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).

Chara-sporer.

Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).

Isoëtes lacustris, sporer.

Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Cenococcum geophilum.

Potamogeton filiformis, fruktstenar.

Skalbagglämningar.

Mossa.

Daphnia pulex, efippier.

Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).

Spongilla lacustris, gemmulæ.

3. . . . Omkr. 40 cm. *Kalkgyttja*.

I sin *understa* del (= *Pediastré-kalkgyttja* enl. LAGERHEIM), är kalkgyttjan brunaktig, skarpt begränsad mot underliggande gyttja, och liksom denna rik på detritus.

Fossil:

Batrachium sp., nötter.

Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).

Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).

Tetraëdron muticum (enl. LAGERH.).

Chara-sporer.

Rana sp., skelettdelar.

Graminé-pollen (enl. LAGERH.).

Pisidium fossarinum.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

P. nitidum.

Potamogeton cfr *alpinus*, fruktstenar.

P. obtusale.

P. filiformis, fruktstenar.

P. subtruncatum.

Salix sp., pollen (enl. LAGERH.).

Valvata cristata.

Cosmarium 6 spp. (enl. LAGERH.).

V. piscinalis.

Euastrum sp. (enl. LAGERH.).

Cladocerer.

Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).

Spongilla lacustris, gemmulæ.

Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

Arcella discoides (enl. LAGERH.).

P. integrum (enl. LAGERH.).

Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).

P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).

C. lævis (enl. LAGERH.).

P. muticum (enl. LAGERH.).

Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

Kalkgyttjans öfversta del.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängefjäll.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, 4 nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Cyperacé-nötter.
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Nuphar luteum, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Cosmarium spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 3 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeocapsa sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).

Olpidium Diplochytrium i tallpollen (enl. LAGERH.).
Donacia mutica, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Bythinia tentaculata.
Limnæa ovata.
L. peregra.
Pisidium Lilljeborgi (enl. JOHANSEN).
P. milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
P. subtruncatum.
Planorbis parvus var. *glaber* (enl. JOHANSEN).
P. umbilicatus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocerer.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).
Diffugia olliiformis (enl. LAGERH.).
Lequereusia spiralis (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).
Trinema lineare (enl. LAGERH.).

Bland öfriga fynd från kalkgyttjan i denna del af mossen må nämnas ett af ANDERS BENGTTSSON för omkring 40 år sedan anträffadt *hjortskelett*. Detta uppgafs hafva legat underst i kalkgyttjan i närheten af det ställe, där den af honom först funna sköldpaddan uppgräfts. Af skelettet blef skallen med vidsittande horn inköpt af direktör G. CARLSEN å Tunbyholm, och de öfriga lämningarna förvärfvades sedermera af Lunds Geol. Museum. Vid ett senare tillfälle gjorde ANDERS BENGTTSSON mig uppmärksam på ett annat, några år förut, väster om hans mosslott, likaledes underst i kalkgyttjan funnet skelett. Åtskilliga delar af detta kvarlågo ännu i närheten af fyndplatsen, men af dessa medtogos endast några ryggkotor, hvilka enligt af docent O. HOLMQVIST godhetsfullt utförd bestämning tillhöra *älg* (L. Z. M. n:o 704).

4. . . . 25 cm. *Detritusgyttja*, kalkhaltig, företrädesvis rik på lämningar af högre vattenväxter, däribland särskildt *Nymphæa alba*, hvars frön förekomma i oerhörd mängd.

Fossil:

Alnus glutinosa, pollen (enl. LAGERH.).
Betula alba, barkbitar, frukter, grenfragment.
B. odorata, hängefjäll.
Carex vesicaria, nötter.
Chara-sporer.

Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).

Cladium Mariscus, 5 nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Cyperacé-rhizom, -slidor.
Menyanthes trifoliata, frön.
Myriophyllum cfr *verticillatum*, delfrukter.
Nuphar luteum, frön.
Nymphaea alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Potamogeton natans, fruktstenar.
Rhamnus Frangula, 1 frö.
Scirpus lacustris, nötter.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Botryococcus Braunii (enl. LAGERH.).
Chroococcacéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 11 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 2 spp. (enl. LAGERH.).

Cenococcum geophilum.
Cryptocephalus bidens, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Donacia impressa, fragment af täckvinge (enl. BENGTTSSON).
D. mutica, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
D. spinosa, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Bythinia tentaculata.
Pisidium Lilljeborgi.
Planorbis parvus var. *glaber* m. fl. mollusker.
Cladocerer.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Arcella sp. (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
Nebela sp. (enl. LAGERH.).

5. . . . 105 cm. *Torf*, här liksom öfverallt i mossen starkt hopsjunken och ej tydligt skild från föregående lager. Att döma af den nuvarande mossytans läge i förhållande till den omgifvande fasta marken torde torflagret, innan dess öfre partier bortförts, haft en mäktighet af åtminstone 2 m.

Bottenlagret omkr. 30 cm. mäktigt. Den torf, som bildar detta, är enligt LAGERHEIM synnerligen rik på sporer af *Polystichum Thelypteris* och på grund däraf möjligen att hänföra till *bräkentorf*. Bildningen af dylik förutsätter tydligen, att mossens yta tidtals varit torr, hvilket också i viss mån antydes däraf, att lämningar af egentliga vattenväxter förekomma tämligen sparsamt i torfven.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
Carex sp., frukter.
C. sp., nötter.
Cladium Mariscus, frukter rikligt.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Cyperacé-slidor.
Nymphaea alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Mossa.
Cenococcum geophilum.
Nyctebius sp., täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Nepheleis octoculata, kokonger.
Cyphoderia margaritacea (enl. LAGERH.).

I sin öfre del är torfven tämligen multnad och därtill starkt uttorkad. Rik på grenfragment, särskildt af björk (*Betula alba*), innesluter den för öfrigt hufvudsakligast lämningar af cyperacéer.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar.
Betula alba, vinglösa frukter m. m.
B. odorata, hängfjäll.
B. verrucosa, hängfjäll.
Carex sp., frukter.

Polystichum Thelypteris, sporer rikligt (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Ranunculus Flammula, 1 nöt.
Rhamnus Frangula, frön.

| | |
|--|--------------------------------------|
| <i>C. sp.</i> , nötter. | <i>Sparganium sp.</i> , fruktstenar. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter rikligt. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | Skalbagglämningar. |
| <i>Pinus silvestris</i> , frön, kottefjäll. | |

Profil B. Under en sommaren 1908 företagen resa i sydöstra Skåne inköpte jag af handl. S. LÖFGREN i St Olof flera större skalfragment af en sköldpadda, hvilka till honom försåts af snickare ANDERS FRANSSON å Hvitebro n:o 1. Vid det besök jag i anledning däraf gjorde hos den senare, meddelade han, att dessa lämningar tillhört en sköldpadda, som samma sommar af honom anträffats vid torfupptagning i östligaste delen af Hvitesjömosse, å ett till hans hemmansdel hörande moss-skifte. Själfva fyndstället, dit jag åtföljdes af ANDERS FRANSSON, var beläget strax S om sockengränsen mot Hvitaby, på ett afstånd af omkr. 80 m. V om Gräflundavägen. Enligt samma persons utsago var sköldpaddan funnen i »lefvertorfven» och hade först bemärkts, sedan den redan var krossad af torfhackan. Jämte de nämnda, numera i Lunds Zoolog. Museum förvarade, mossfynd n:o 745 tillhörande skalfragmenten, uppgåfvos åtskilliga smärre bitar hafva varit för handen, men dessa hade ej tillvaratagits. Dessutom uppgaf ANDERS FRANSSON sig vid tvenne andra, föregående tillfällen hafva anträffat sköldpaddor i nämnda sin mosse. Ett skalfragment, som tillhört en af dessa, fanns ännu i behåll. Äfven de sistnämnda exemplaren, hvilka likaledes blifvit krossade af redskapen, hade legat i »lefvertorfven», nära intill kalkgyttjan. I en å fyndplatsen för sköldpaddan i fråga upptagen profil var lagerföljden nedifrån räknadt:

1 (Underst). . . . 60 cm. + *Sötvattenslera*, grå, kalkhaltig, uppblandad med sand och nedåt slutligen öfvergående i dylik.

Fossil:

| | |
|---------------------------------|---|
| <i>Batrachium sp.</i> , nötter. | <i>Cosmarium</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). |
| Mossor, blad. | <i>Spongilla lacustris</i> , spiculæ. |

2. . . . Omkr. 20 cm. *Diatomé-pedistrégyttja* (enl. LAGERHEIM), af brunaktig i grönt stötande färg, något kalkhaltig och rik på lämningar af mossor.

Fossil:

| | |
|--|--|
| <i>Batrachium sp.</i> , nötter. | <i>Cosmarium</i> 5 spp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Betula sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Diatomacées</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Euastrum sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Graminé</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Pediastrum integrum</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>P. Kawraiskyi</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Potamogeton filiformis</i> , fruktstenar. | <i>Scenedesmus quadricauda</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>P. praelongus</i> fruktstenar. | <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). |
| Mossor. | <i>Cladocerer</i> . |
| <i>Chrysomonadinées</i> (enl. LAGERH.). | |

3. . . . Omkr. 45 cm. *Kalkgyttja*.

(Underst) *Desmidié-kalkgyttja* (enl. LAGERHEIM), på grund af rikligt inblandad detritus tämligen mörk.

Fossil:

Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton praelongus, fruktstenar.
Salix sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 11 spp. (enl. LAGERH.).
Diatomacéer (enl. LAGERH.).
Euastrum 2 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).
T. muticum (enl. LAGERH.).
Pisidium nitidum.
Planorbis nautileus.
P. sp., skalfragment.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocerer.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

Kalkgyttjans öfversta del.

Fossil:

Betula sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, 1 nöt.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Graminé-pollen (enl. LAGERH.).
Nymphæa alba, frön rikligt.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Chroococcacéer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 3 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 2 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Staurastrum sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron muticum (enl. LAGERH.).

Donacia spinosa, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Elaterid, täckvinge (enl. BENGTTSSON) m. fl.
 skalbagglämningar.
Limnæa auricularia.
L. peregra.
Pisidium Lilljeborgi.
P. mitium.
P. nitidum.
P. obtusale?
Planorbis parvus var. *glaber*.
P. umbilicatus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Spongilla lacustris, gemmulæ.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
Lecquereusia spiralis (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

4. . . . Omkr. 30 cm. *Detritusgyttja* (= *Lyngbyagyttja* enl. LAGERHEIM), med hänsyn till såväl beskaffenhet som innehåll i det närmaste öfverensstämmande med motsvarande lager i profil A.

Fossil:

Betula alba, grenfragment.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex sp., frögömme.
C. spp., nötter.
Chara-sporer.

Cosmarium 4 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

Cladium Mariscus, 4 nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Cyperacé, 1 nöt.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Botryococcus Braunii (enl. LAGERH.).
Chroococcacéer (enl. LAGERH.).

Donacia impressa, täckvinge (enl. BENGTS-
 SON).
D. spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-
 SON) m. fl. skalbagglämningar.
Pisidium Lilljeborgi.
Planorbis parvus var. *glaber* m. fl. från
 kalkgyttjan ofvan anförda mollusker.
Spongilla lacustris, spiculæ.
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).

5. . . . 120 cm. Torf, starkt multnad.

De i bottenlagret iakttagna växtfossilen inskränkte sig till följande:

Betula alba, bark, grenfragment.
Carex sp., nötter.
Cladium Mariscus, 5 nötter.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LA-
 GERH.).
Cenococcum geophilum.
 Skalbagglämningar.

I sin öfre del är torfven starkt intorkad och likaledes synnerligen fattig på bestämbara fossil. Af dylika ha endast anträffats:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, bark, grenfragment.
Carex sp., frukter.
C. sp., nötter.

Cladium Mariscus, nötter.
Cenococcum geophilum.
 Skalbagglämningar.

Enligt ANDERS FRANSSONS uppgift skall man inom olika delar af Hvitesjö-
 mosse hafva påträffat kullvräkt stammar af *björk* och *ek*. I regel ha dessa fynd
 gjorts i de öfre, för längre tid sedan tillgodogjorda torflagren, i hvilka man ofta
 äfven funnit *hasselnötter*. Å sin egen mosslott hade han upptagit tvenne ekstammar,
 hvilka lämnat ett ännu fullkomligt användbart virke. Dessa stammar uppgåfvos
 hafva legat i den det nuvarande ytlagret närmast öfverlagrande torfven. Därsamma-
 städes sade han sig 1906 hafva uppgrävt flera refben af ett större djur, hvilka lik-
 väl ej tillvaratagits.

Profil C. Enligt hvad en annan åbo å Hvitabro n:o 1, NILS ANDERSSON, med-
 delade mig, voro fossila sköldpaddor ej sällsynta i Hvitesjömosse. Själf sade han
 sig vid flera tillfällen hafva iakttagit sådana inom den honom tillhöriga, S om AN-
 DERS FRANSSONS moss-skifte belägna delen af mossen. Frånsedt ett 1907 anträffadt
 exemplar, som sedan det upptagits snart sönderföll, hade dessa sköldpaddor i regel
 varit illa åtgångna af redskapen. Så uppgafs förhållandet hafva varit med en kort
 före min ankomst till Hvitabro funnen sköldpadda. Af denna kvarlågo invid den
 torfgraf, där fyndet gjorts, flera större fragment af såväl rygg- som bukskalet och
 därjämte bäckenet, ena skulderbladet, tvenne extremitetben och en halskota. Äfven
 dessa lämningar förvärfvades och öfverlämnades till Lunds Zoolog. Museum (n:o
 746). I likhet med de förut af NILS ANDERSSON funna sköldpaddorna förskref sig

äfven ifrågavarande exemplar från »lefvertorfvens» understa del, något som också tydligt framgick af den skelettlämningarna omgifvande, jämte dessa uppvärkta, ännu kvarliggande massan.

I en af de väggar, hvilka omgäfvat nämnda torfgraf, erhöles en profil genom såväl detritusgyttjan som därintill gränsande lager. Såsom redan på grund af fyndplatsens nära belägenhet intill profil *B* var att förmoda, förefanns ej någon nämnvärd olikhet mellan den sköldpaddförande gyttjan å ifrågavarande lokal och motsvarande lager i nämnda profil, vare sig med hänsyn till flora eller fauna. I betraktande af, att sköldpaddans läge kunnat så pass noga angifvas, synes det mig icke dess mindre vara i sin ordning att här beskrifva de nämnda, i torfgrafen blottade lagren. Dessa voro följande:

1 (Underst). . . . 50 cm. *Kalkgyttja*.

Kalkgyttjans öfversta, 10 cm. mäktiga del.

Fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Betula</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Rhizophidium pollinis</i> , på hasselpollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Donacia mutica</i> , täckvinge (enl. BENGTSSON). |
| <i>Chenopodiace</i> -pollen (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa aricularia</i> . |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 2 nötter. | <i>L. peregra</i> . |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Physa fontinalis</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Pisidium Lilljeborgi</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>P. milium</i> . |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>P. nitidum</i> . |
| <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. | <i>P. subtruncatum</i> . |
| <i>Salix</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Planorbis parvus</i> var. <i>glaber</i> . |
| <i>Botryococcus Braunii</i> (enl. LAGERH.). | <i>P. Strömi</i> . |
| <i>Crysomonadinæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>P. umbilicatus</i> . |
| <i>Cosmarium</i> 6 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Diatomacæer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Euastrum</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemniulæ. |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Arcella</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Staurastrum</i> sp. (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia constricta</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Tetraëdron minimum</i> (enl. LAGERH.). | <i>D. olliformis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>T. muticum</i> (enl. LAGERH.). | <i>Quadrula irregularis</i> (enl. LAGERH.). |

2 30 cm. *Detritusgyttja* (= *Lyngbyagyttja* enl. LAGERHEIM).

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Betula alba</i> , vinglösa frukter. | <i>Cosmarium</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>B. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Diatomacæer</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Lyngbya</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladium Mariscus</i> , frukter sparsamt. | <i>Donacia mutica</i> , täckviugar (enl. BENGTSSON) m. fl. skalbagglämningar. |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Pisidium Lilljeborgi</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | |

Potamogeton natans, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Ulmus sp., pollen (enl. LAERGH.).
Amblystegium sp., blad.
Botryococcus Braunii (enl. LAGERH.).
Chroococcaceæ (enl. LAGERH.).

Planorbis parvus var. *glaber* m. fl. mollusker.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Oligochaeta, kapslar.
Centropyxis aculeata (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
D. olliformis (enl. LAGERH.).
Lecquereusia spiralis (enl. LAGERH.).

3. . . . Omkr. 110 cm. Torf.

I sin *understa*, cirka 40 cm. mäktiga del är torfven mera multnad och ännu fattigare på vattenväxter än den från motsvarande lager i profil *A* beskrifna, men för öfrigt af samma allmänna karakter som denna.

Fossil:

Alnus glutinosa, pollen (enl. LAGERH.).
Betula alba, bark, grenfragment.
Carex filiformis, frukter.
C. sp., frukter.
Cladium Mariscus, frukter rikligt.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAERH.).
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).

Cosmarium sp. (enl. LAGERH.).
Ophiocytium majus (enl. LAGERH.).
Cenococcum geophilum.
Skalbagglämningar.
Valvata piscinalis.
Nepheleis octoculata, kokonger.
Oligochaeta, kapslar.
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
Pyxidicula cymbalum (enl. LAGERH.).

Den torf, som bildar lagrets *öfre* del, är starkt intorkad, därtill i de *öfversta* partierna här och hvar tydligt omlagrad.

I torfvens orubbade del ha anträffats följande fossil:

Alnus glutinosa, frukter, kottespindlar, grenfragment.
Betula alba, grenfragment.
B. verrucosa, hängfjäll.
Carex sp. frukter.
C. spp., nötter.

Cladium Mariscus, nötter rikligt.
Pinus silvestris, kottefjäll.
Polystichum Thelypteris, outvecklade blad.
Sparganium sp., fruktstenar.
Cenococcum geophilum.
Skalbagglämningar.

Beträffande fossilen visa motsvarande lager inom de ofvan beskrifna profilerna synnerligen stor *öfverensstämmelse*. I all synnerhet gäller detta den af flera mindre vanliga arter företrädda molluskfaunan, men en dylik likformighet gifver sig ej mindre tillkänna i fråga om de mera karakteristiska växtfossilens fördelning. Å de nämnda fyndigheterna möter oss sålunda *hasseln* först i kalkgyttjans *öfre* partier, *Cladium Mariscus* åter ej förrän i samma gyttjas *aldra öfversta* del, där den likvisst är ganska sällsynt. De första spåren af *alm* förskrifva sig från detritusgyttjan, i hvilken lämningar af ek förgäfves efterletats. Pollen af sistnämnda träd ha visserligen påvisats å en af dessa lokaler, men där uteslutande i den på detritusgyttjan följande torfven. På grund däraf, att *Cladium Mariscus* anträffats i nämnda gyttja, måste tydligen denna vara afsatt efter ekens invandring, om den

också, enligt hvad öfriga fossil synas angifva, torde intaga en afsevärdt låg nivå inom mossens ekzon.

23. Holmana, mosse inom Bertilstorps byområde i nordvästra delen af Brösarps socken. Belägen omkr. 120 m. ö. h. har den sin största utsträckning i N och S utmed den ås, å hvilken sockengränsen mot Andrarum är förlagd. Enligt meddelande från skollärare L. HALLIN i Åkaröd till torfmosskommissionen hade i denna mosse uppgräfts en del skal- och benlämningar af en sköldpadda, hvilka af honom tillvaratagits. Dessa voro funna af hemmansägaren OLA PEHRSSON å Bertilstorp n:o 3, hvilken jag i anledning därpå besökte. Enligt den senares utsago hade fyndet gjorts vid torftäkt å en, till hans ställe hörande, omkr. 2 km. N om Bertilstorps by belägen mosslott, och kunde han noga angifva platsen, där sköldpaddan legat. Denna, som anträffats på omkring 2 meters djup, längst ner i »lefvertorfvén», hade först uppmärksamrats vid det den krossades af spaden. Huruvida några andra lämningar af sköldpaddan än de tillvaratagna varit för handen, hade OLA PEHRSSON sig visserligen ej bekant, men är det väl ganska sannolikt, att så varit förhållandet, enär det visade sig, att af ryggskalet saknades i det närmaste hälften, under det att benlämningarna inskränkte sig till ett lårben och en halskota. Fyndet, som inköptes, förvaras i Lunds Zoolog. Museum (n:o 743). I en profil, som jag lät upptaga omedelbart intill den af OLA PEHRSSON utvisade, ungefär i mossens midt belägna fyndplatsen, befanns lagerföljden vara:

1 (Underst) 80 cm. + *Gyttja*. Vid beskrifningen af denna skilja vi mellan den undre och den öfversta delen.

I sin *undre*, ej närmare undersökta del är gyttjan, enligt ett från 70—80 cm:s djup upptaget borrhprof, af gråaktig färg och rikligt uppblandad med sand, hvori den nedåt slutligen öfvergår.

Fossil:

Salix polaris, bladfragment.

Mossor.

Valvata piscinalis, skalfragment.

Lagrets *öfre* del bildas af en mörk, brunaktig eller något i grönt stötande gyttja med rikligt inblandad växtdetritus.

Fossil:

Betula nana, hängefjäll.

B. sp., pollen (enl. LAGERH.).

Chara-sporer.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).

Mossa.

Chrysomonadinéer (enl. LAGERH.).

Cosmarium 2 spp. (enl. LAGERH.).

Diatomacéer (enl. LAGERH.).

Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

P. integrum (enl. LAGERH.).

P. Kawraiskyi (enl. LAGERH.).

Scenedesmus sp. (enl. LAGERH.).

Tetraëdron minimum (enl. LAGERH.).

Lepidurus glacialis.

Limnæa peregra.

Pisidium milium.

P. nitidum.

P. obtusale.

Valvata piscinalis.

Daphnia pulex, efippier.

Spongilla lacustris, gemmulæ.

Diflugia constricta (enl. LAGERH.).

2. . . . 70 cm. *Kalkgyttja*, skarpt begränsad mot föregående lager.
Kalkgyttjans bottenlager.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, hängfjäll.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Chara-sporer.
Isoetes lacustris, sporer.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum cfr *Filix mas*, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
Mossa.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium 3 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 2 spp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).

Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Tetraëdron muticum (enl. LAGERH.).
Limnæa auricularia.
L. peregra.
Physa fontinalis.
Pisidium milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
Planorbis parvus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Daphnia pulex, efpier.
Cristatella Mucedo, statoblaster.
Spongilla lacustris, gemmulæ.

Kalkgyttjans öfversta, på grund af inblandad växtdetritus mörkare del.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
B. sp., pollen (enl. LAGERH.).
Carex filiformis, frukter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Potamogeton natans, fruktstenar.
P. prælongus, fruktstenar.
Scirpus lacustris, nötter.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Chroococcacæer (enl. LAGERH.).
Cosmarium 11 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum 4 spp. (enl. LAGERH.).
Gloeocapsa sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Lyngbya sp. (enl. LAGERH.).
Pediastrum Boryanum (enl. LAGERH.).
Phacotus lenticularis (enl. LAGERH.).
Scenedesmus quadricauda (enl. LAGERH.).
Staurostrum sp. (enl. LAGERH.).
Tetraëdron caudatum (enl. LAGERH.).
Donacia geniculata, täckvinge (enl. BENGTS-SON).
D. mutica, täckvingar (enl. BENGTS-SON).

Donacia spinosa, täckvingar (enl. BENGTS-SON).
Gyrinus marinus, täckvingar (enl. BENGTS-SON).
Ancylus lacustris.
Bythinia tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. ovata.
L. peregra.
L. stagnalis.
Physa fontinalis.
Pisidium milium.
P. nitidum.
P. obtusale.
P. subtruncatum.
Planorbis complanatus.
P. contortus.
P. nautilæus.
P. parvus.
P. umbilicatus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Cladocæer.
Oligochæta, kapslar.
Centropyxis lævis (enl. LAGERH.).
Diffugia constricta (enl. LAGERH.).
D. olliiformis (enl. LAGERH.).
Quadrula irregularis (enl. LAGERH.).

3. . . . Omkr. 40 cm. *Detritusgyttja*, mörkbrun, ej skarpt begränsad mot föregående lager; rik på blad, särskildt af *Salices*.

Fossil:

Alnus glutinosa, pollen (enl. LAGERH.).
Betula alba, vinglösa frukter.
B. odorata, blad.
B. verrucosa, blad.
Carex ampullacea, frukter.
C. filiformis, frukter.
C. sp., frukter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, frukter, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Menyanthes trifoliata, frön.
Najas marina, frön.
Nuphar luteum, frön.
Nymphaea alba, frön.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, utvecklade blad.
Potamogeton gramineus, fruktstenar.
P. natans, fruktstenar.
Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Rhamnus Frangula, frön.
Ranunculus Flammula, 1 nöt.
Rubus sp., fruktstenar.
Rumex sp., frukt med omgifvande hylle.
Salix aurita, blad.
S. cinerea, blad.
S. repens, blad.
S. sp., bladfragment.
Scirpus lacustris, nötter.
Sparganium ramosum, fruktstenar.

Amblystegium fluitans.
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Cosmarium 5 spp. (enl. LAGERH.).
Euastrum sp. (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Staurostrum sp. (enl. LAGERH.).
Perca fluviatilis, fjäll.
Donacia aquatica, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
D. impressa, fragment af täckvinge (enl. BENGTTSSON).
D. mutica, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
D. nigra, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
D. obscura, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
D. thalassina, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Feronia aterrima, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Galleruca xanthomelana, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Geotrupes vernalis, fragment af täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Gyrinus marinus, täckvinge (enl. BENGTTSSON).
Hydrous pisceus, täckvingar (enl. BENGTTSSON).
Ilybius sp., täckvingar (enl. BENGTTSSON) m. fl. skalbagglämningar.
Bythinia Leachi.
Planorbis contortus.
P. vortex m. fl. mollusker.
Dendrocoelum lacteum, kokonger.
Centropyxis sp. (enl. LAGERH.).

Enligt OLA PEHRSSONS uppgift hade likaledes i *detritusgyttjan*, ehuru på ett par meters afstånd från fyndplatsen för sköldpaddan, anträffats underkäken af ett större djur, hvilken också tillvaratagits. Denna, som var starkt anfräkt af syror, har enligt af docent O. HOLMQVIST utförd bestämning visat sig tillhöra *hjort* (L. Z. M. N:o 699).

4. . . . 170 cm. *Torf*.

a (Bottenlagret). *Detritustorf?*, omkr. 40 cm. mäktig, brun, jämförelsevis rik på *Carices* och *Phragmites communis*. Lämningar af sistnämnda art förekomma dock ej i den mängd, att torfven däraf karakteriseras.

Fossil:

Alnus glutinosa, frukter.
Betula alba, grenfragment.
B. odorata, hängfjäll.
Carex filiformis, frukter.
Phragmites communis, stjälkled.
Pinus silvestris, frön.
Polystichum Thelypteris, utvecklade blad.
Potamogeton natans, fruktstenar.

| | |
|--|---|
| <i>C. sp.</i> , frukter. | <i>Potamogeton</i> cfr <i>obtusifolius</i> , fruktstenar. |
| <i>C. spp.</i> , nötter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Sparganium ramosum</i> , fruktstenar. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Tilia sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Amblystegium fluitans</i> . |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | Skalbagglämningar. |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Oligochaeta</i> , kapslar. |
| <i>Nymphaea alba</i> , frön. | <i>Diffugia constricta</i> . |

b. *Svämtorf*, företrädesvis rik på grenfragment och andra lämningar af en trädvegetation; liksom torfvens öfversta partier ej undersökt på pollen och alger.

Fossil:

| | |
|--|---|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter, kottespindlar, grenar. | <i>Potamogeton natans</i> , fruktstenar. |
| <i>Betula alba</i> , grenfragment, ved. | <i>P. cfr obtusifolius</i> , fruktstenar. |
| <i>B. verrucosa</i> , hängfjäll. | <i>Ranunculus Flammula</i> , 1 nöt. |
| <i>Carex</i> cfr <i>filiformis</i> , nötter. | <i>R. repens</i> , 1 nöt. |
| <i>C. vesicaria</i> , frukter. | <i>Rhamnus Frangula</i> , frön. |
| <i>C. sp.</i> , frukter. | <i>Salix sp.</i> , ved. |
| <i>C. spp.</i> , nötter. | <i>Scirpus lacustris</i> , nötter. |
| <i>Chara</i> -sporer. | <i>Sparganium ramosum</i> , fruktstenar. |
| <i>Cladium Mariscus</i> , nötter. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | <i>Plasmodiophora Alni</i> . |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Donacia aquatica</i> , täckvingar (enl. BENGTS-SON). |
| <i>Pinus silvestris</i> , frön. | <i>D. mutica</i> , täckvingar (enl. BENGTS-SON) m. fl. skalbagglämningar. |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , outvecklade blad. | <i>Oligochaeta</i> , kapslar. |

c. *Kärrtorf*, på grund af mossens utdikning och odling starkt intorkad och multnad. Ej tydligt skild från närmast underliggande svämtorf, innesluter den i likhet med denna grenfragment i mängd, men är fattig på vattenväxter. Frånsedt en i närheten af västra mosskanten uppgräfd *ekstam* har man enligt OLA PEHRSSONS utsago hvarken i ifrågavarande eller öfriga partier af torfven påträffat vare sig kullvräkt träd eller trädstubbar.

Fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Alnus glutinosa</i> , frukter, kottespindlar m. m. | <i>Pinus silvestris</i> , frön, kottefjäll. |
| <i>Betula alba</i> , grenfragment, ved. | <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. |
| <i>Carex ampullacea</i> , frukter. | <i>Oxycoccus palustris</i> , frön. |
| <i>C. filiformis</i> , frukter. | <i>Polystichum Thelypteris</i> , outvecklade blad. |
| <i>C. vesicaria</i> , frukter. | <i>Rubus idæus</i> , fruktstenar. |
| <i>C. sp.</i> , nötter. | <i>Cenococcum geophilum</i> . |
| <i>Cirsium oleraceum</i> , 1 frukt. | <i>Donacia mutica</i> , täckvingar (enl. BENGTS-SON) m. fl. skalbagglämningar. |
| <i>Corylus Avellana</i> , nötter. | |
| <i>Lycopus europæus</i> , delfrukter. | |

Från Holmana äger Geologiska Undersökningens Museum bäckenet och fragment af underkäken af en *bäfver*, hvilka lämningar, dit skänkta af N. O. HOLST, till honom öfverlämnats af landtbrukaren ARVID ANDERSSON i Brösarp. Enligt den senares utsago skola nämnda skelettdelar hafva legat »under torfven», men närmare

uppgifter rörande vare sig öfriga fyndomständigheter eller fyndplatsens läge ha ej stått att erhålla.

24. Mosse Ö. om Kiaby kyrka, i socknen med samma namn. Enligt uppgift, som inhämtats af G. DE GEER (1889, s. 91) under hans recognosceringsarbeten å kartbladet Beckaskog, hade man i norra ändan af denna mosse funnit lämningar af *hjort*, *rådjur* och *kärrsköldpadda*. Af den sistnämnda arten skulle hafva anträffats ett ryggskal, men huruvida detta tillvaratagits, är ej bekant. Ej heller föreligga några underrättelser rörande fyndomständigheterna.

25. Vinninge mosse i Nefvitshögs socken. Enligt uppgift, som först under arbetets tryckning lämnats mig af prof. HANS WALLENGREN, hade godsägare M. BELANDER å Vinninge sistlidne 24 september såsom gåfva till Lunds Zoolog. Museum öfverlämnat rygg- och bukskalet samt bäckenet af en någon tid förut i denna mosse funnen fossil kärrsköldpadda (n:o 778). För de upplysningar rörande fyndet, hvilka det lyckades mig erhålla vid ett af detta föranledt besök å Vinninge, har jag att tacka godsägare BELANDER. Enligt hans uppgift hade nämligen vid torfupptagning å den till nämnda gård hörande andelen i mossen anträffats tvenne nära intill hvarandra liggande sköldpaddor. Det ena exemplaret, som krossats af redskapen, tillvaratogs ej af arbetarna. Det andra åter var alldeles oskadadt, då det fanns, men skalen sönderföllu sedermera på grund af oförsiktighet vid torkningen. Fyndet hade gjorts på nära 2,4 meters djup i »torf eller torfliknande gyttja», på ett afstånd af vid pass 100 m. från den södra mosskanten.

En invid den torfgraf, hvori sköldpaddorna anträffats, med välvilligt biträde af kand. AXEL BELANDER upptagen, delvis genom borrhning erhållen profil visade nedanstående lagerföljd:

1 (Underst). . . . Omkring 40 cm. + *Sötvattenslera*, enligt ett från 480—510 cm:s djup under mossens nuvarande yta upptaget borrhprof grå eller blåaktig.

Fossil:

| | |
|--|-----------------------------|
| <i>Betula nana</i> , bladfragment. | <i>Cladocer</i> . |
| <i>Dryas octopetala</i> , blad. | <i>Limnæa auricularia</i> . |
| <i>Potamogeton natans</i> , 1 fruktsten. | <i>Valvata piscinalis</i> . |

2. . . . Omkring 100 cm. *Diatomacé-detritusgyttja* (enl. LAGERHEIM).

Gyttjans *undre*, föga kalkhaltiga del enligt ett från 410—450 cm:s djup upptaget borrhprof.

Fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Betula</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cosmarium</i> 3 spp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> , frukter rikligt. | <i>Diatomacéer</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> , frön. | <i>Gloeotrichia</i> sp. (enl. LAGERH.). |
| <i>Myriophyllum</i> sp., pollen (enl. LAGERH.). | <i>Ctadocer</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Ephydatia Mülleri</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmullæ. |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Lecquereusia spiralis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Populus tremula</i> , hängesfjäll. | <i>Centropyxis aculeata</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Chrysomonadinæer</i> (enl. LAGERH.). | |

Gyttjans öfre, kalkrikare del enligt prof från 370—400 cm:s djup.

Fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Belula odorata</i> , hängfjäll. | <i>Diatomacéer</i> (enl. LAGERHEIM). |
| <i>B. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Gloeotrichia sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> , frukter. | <i>Mougeotia sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Phacotus lenticularis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Myriophyllum sp.</i> , delfrukter. | <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. |
| <i>M. sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Ostrakoder</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Cladocerer</i> . |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Bythinia tentaculata</i> . |
| <i>Ulmus sp.</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Ephydatia Mülleri</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Anabæna sp.</i> (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| <i>Chrysomonadinéer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Diffugia globulosa</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cosmarium</i> 2 spp. (enl. LAGERH.). | <i>Lecquereusia spiralis</i> (enl. LAGERH.). |

3. . . . Omkring 110 cm. *Diatomacé-detritus-kalkgyttja* (enl. LAGERHEIM), gråaktigt brun, ej skarpt begränsad mot föregående lager.

Kalkgyttjans undre del enligt prof från 320—350 cm:s djup.

Fossil:

| | |
|---|--|
| <i>Betula</i> -pollen, (enl. LAGERH.). | <i>Limnæa peregra</i> . |
| <i>Corylus Avellana</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>L. sp.</i> , skalfragment. |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Pinus silvestris</i> , pollen (enl. LAGERH.). | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> , sporer (enl. LAGERH.). | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Chrysomonadinéer</i> (enl. LAGERH.). | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Diatomacéer</i> (enl. LAGERH.). | <i>Ephydatia Mülleri</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Gloeotrichia</i> (enl. LAGERH.). | <i>Spongilla lacustris</i> , gemmulæ. |
| <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. | <i>Arcella sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Ostrakoder</i> . | <i>Centropyxis sp.</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Cladocerer</i> . | <i>Lecquereusia spiralis</i> (enl. LAGERH.). |
| <i>Bythinia tentaculata</i> . | |

Kalkgyttjans öfversta del enligt ett från 260—290 cm:s djup taget, ej mikroskopiskt undersökt prof.

Fossil:

| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| <i>Caryophyllacé</i> , 1 frö. | <i>Pisidium nitidum</i> . |
| <i>Chenopodiace</i> , 1 frö. | <i>Planorbis contortus</i> . |
| <i>Cladium Mariscus</i> , 2 nötter. | <i>P. nautilæus</i> . |
| <i>Myriophyllum sp.</i> , delfrukter. | <i>P. vortex</i> . |
| <i>Nymphæa alba</i> , frön. | <i>Sphærium corneum</i> . |
| <i>Perca fluviatilis</i> , fjäll. | <i>Valvata cristata</i> . |
| <i>Bythinia tentaculata</i> . | <i>V. piscinalis</i> . |
| <i>Limnæa auricularia</i> . | <i>Oligochæta</i> , kapslar. |
| <i>L. peregra</i> . | |

4. . . . 40 cm. *Kalkhaltig diatomacé-detritusgyttja* (enl. LAGERHEIM), mörkbrun, enligt hvad ett tillvarataget prof af det sköldpaddförande lagret angaf, säkerligen

identisk med detta, något som för öfrigt äfven framgick af det djup, hvarå sköldpaddorna uppgåfvos vara anträffade.

Fossil:

Betula alba, vinglösa frukter.
Chara-sporer.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Menyanthes trifoliata, frön.
Nymphæa alba, frön.
Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Umbellifer, pollen (enl. LAGERH.).
Anabæna sp. (enl. LAGERH.).
Chrysomonadinæer (enl. LAGERH.).
Diatomacæer (enl. LAGERH.).
Gloeotrichia sp. (enl. LAGERH.).
Perca fluviatilis, fjäll.
 Skalbaggglämningar.

Cladocerer.
Ancylus lacustris.
Bythinia Leachi.
B. tentaculata.
Limnæa auricularia.
L. peregra.
Pisidium nitidum.
Planorbis albus.
P. nautilæus.
Sphærium corneum.
Valvata cristata.
V. piscinalis.
Oligochæta, kapslar.
Spongilla lacustris, *gemmae*.
Arcella sp. (enl. LAGERH.).
Centropyxis sp. (enl. LAGERH.).

5. . . . 40 cm. Torf.

Fossil:

Batrachium sp., 1 nöt.
Betula alba, grenfragment sparsamt.
Carex cfr *filiformis*, 1 nöt.
Cladium Mariscus, nötter.
Corylus Avellana, pollen (enl. LAGERH.).
Lycopus europæus, 1 delfrukt.
Menyanthes trifoliata, frön.
Nymphæa alba, frön.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
Ranunculus sp., 1 nöt.
Ulmus sp., pollen (enl. LAGERH.).
 Svampar, bruna hyfer (enl. LAGERH.).
Bythinia tentaculata, lock sparsamt.
Limnæa sp., skalfragment.
Oligochæta, kapslar.

6. . . . 180 cm. Torf, starkt multnad, fattig på bestämbara växtlämningar. Af denna ha undersökts trenne från olika djup tagna prof, a, b och c.

a från 140—180 cm:s djup.

Fossil:

Betula-pollen (enl. LAGERH.).
Carex sp., 1 nöt.
Nymphæa alba, frön sparsamt.

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).
 Svampar, bruna hyfer (enl. LAGERH.).

b från 100—140 cm:s djup.

Fossil:

Pinus silvestris, pollen (enl. LAGERH.).
Polystichum Thelypteris, sporer (enl. LAGERH.).

Quercus sp., pollen (enl. LAGERH.).
Tilia sp., pollen (enl. LAGERH.).

c från 60—100 cm:s djup.

Fossil:

Betula alba, grenfragment.*Dendrocoelum lacteum*, kokonger.*Pinus silvestris*, pollen (enl. LAGERH.).*Oligochaeta*, kapslar.

I sin öfversta del är torfven omlagrad i likhet med hvad förhållandet torde vara öfverallt i denna, för längre tid sedan öfverskurna, sedermera till äng utlagda mosse.

Fastän kärrsköldpaddan enligt NILSSONS (1860, s. 21) uppgift är anträffad fossil på många ställen i Skåne, inskränka sig de af honom direkt angifna fyndorterna till de i det föregående anförda. Af förvärfskatalogen framgår emellertid, att Lunds Zoolog. Museum af NILSSON erhållit dels under 1858 »fragment till sköldpaddor från trakten af Nöbbelöf» (i Ljunits härad), dels under 1859 »fossila sköldpaddor från Ystadstrakten», rörande hvilka fynd för öfrigt ingenting är känt. Enligt NILSSONS utsago föreligga likaledes fynd af arten från sydöstra Skåne. Bland de i samma museum sedan NILSSONS tid förvarade sköldpaddfynden gifves det dessutom åtskilliga, hvilka ej hafva annan ursprungsbeteckning än att de förskrifva sig från Skåne. Detsamma gäller också såväl de exemplar, som funnos i NILSSONS, efter hans död till museet öfverlämnade vertebratsamling, som de exemplar, hvilka ingingo i den af prof. MORTIMER AGARDH bildade, af fabrikör C. O. BORGS arfvingar till universitetet skänkta samlingen. Den möjligheten är sålunda ej utesluten, att bland samtliga dessa exemplar skulle kunna finnas ett och annat, som anträffats utanför det utbredningsområde, som med stöd af här omtalade fynd kunnat påvisas inom provinsen. Enligt förteckningen öfver mossfynden i Lunds Zoolog. Museum innehåller sköldpaddsamlingen icke mindre än 59 nummer. Därvid är emellertid att märka, att samtliga dessa ej beteckna olika fynd, utan åtskilliga fyndorter finnas, från hvilka flera nummer härstamma. Antalet exemplar, af hvilka lämningar förvaras i meranämnda museum, torde anslås till inemot 40. Läger man därtill de i det föregående omnämnda, i andra museer eller i privat ägo befintliga exemplaren, kan antalet af de i vårt land tillvaratagna kärrsköldpaddorna uppskattas till omkring 50.

I omstående tabell angifves i centimeter längden och bredden å samtliga i Lunds och Malmö museer förvarade, från Skånes torfmossar härrörande skal af fossil kärrsköldpadda, hvilka befunnits i det skick, att tillförlitliga mått kunnat erhållas. Beträffande de angifna breddmått å bukskalen är emellertid att märka, att de icke äro tagna öfver de dorsoventralt gående laterala utskotten från hyo- och hypoplastron utan på den bredaste delen af plastrons undersida. Samma tabell upptager äfven motsvarande dimensioner hos de största exemplar af arten, af hvilka fossila lämningar dels anträffats i Danmark, dels omnämnas från Tysklands alluviala eller postglaciala bildningar. För mätningen af de skånska sköldpaddorna står jag i tacksam förbindelse till docent LÄNNART RIBBING och för uppgifterna om de danska exemplaren har jag att tacka inspektör H. WINGE.

| N:o | Fyndorter | Ryggskal | | Bukskal | |
|-----------|--|----------|-------|---------|-------|
| | | Längd | Bredd | Längd | Bredd |
| Sverige. | | | | | |
| Skåne. | | | | | |
| 4 | Grefvie | 19.7 | 15.3 | — | — |
| 5 | Särslöf | 17.3 | 15.6 | — | — |
| " | " | 16.9 | 14.3 | — | — |
| " | " | 15.9 | 13.8 | — | — |
| " | " | 17.6 | 16.8 | — | — |
| " | " | — | — | 17.8 | 11.8 |
| 10 | Haglösa..... | 19.9 | 14.5 | — | 11.5 |
| 11 | Öbjersmossen? | 19.8 | 16.8 | — | — |
| " | " | — | — | 19.8 | 11.9 |
| 12 | Saritslöf | 19.4 | 15.6 | 18.9 | 11.3 |
| 13 | Munkholm | 16.0 | — | 13.8 | 9.0 |
| 18 | Hagestad | 17.8 | 16.2 | — | — |
| " | " | — | — | 18.0 | 10.8 |
| 19 | Vanstad B | 18.3 | 14.4 | 17.9 | 10.8 |
| 20 | Sjön | 19.6 | 15.6 | 19.3 | 12.0 |
| 21 | Sniberup A | 19.2 | 16.9 | — | 12.3 |
| 21 | " B | 20.0 | 17.0 | 19.0 | 11.4 |
| 21 | " C | — | — | 19.3 | 11.5 |
| 22 | Hvitesjö A | 18.8 | 14.9 | — | — |
| 23 | Holmana | — | — | 18.0 | 11.0 |
| 25 | Vinninge | 16.5 | 13.0 | 14.9 | 9.1 |
| | Okänd fyndort L. Z. M. n:o 496 | 17.5 | 13.2 | — | — |
| | " " " " 498 | 15.3 | 11.3 | — | — |
| | " " " " 500 | — | — | 17.9 | 10.8 |
| | " " " " 502 | 18.3 | 14.8 | — | — |
| | " " " " 527 | 18.0 | — | — | — |
| | " " " " 755 | — | — | 20.8 | 11.9 |
| | " " " " 756 | — | — | 15.2 | 8.9 |
| | " " " " 759 | — | — | 16.8 | 10.6 |
| Danmark. | | | | | |
| 21 | Refsnæs (Björnstrups mosse?) | 19.3 | 14.6 | 18.4 | 11.7 |
| 23 | " (Söndermose?) | 19.8 | 16.1 | 19.5 | 12.0 |
| Tyskland. | | | | | |
| 6 | Kruglinnen (EWALD, s. 3) | 16.0 | — | — | — |
| 8 | Mittel Golmkau (CONWENTZ, s. 3) | 16.0 | 12.4 | — | — |
| 9 | Roschau (CONWENTZ, s. 3) | 17.3 | — | — | — |
| 10 | Kollenz (CONWENTZ, s. 3) | 18.7 | — | — | — |
| 27 | Enkheim (H. v. MEYER, 1865—1868, s. 210) | 15.6 | 14.7 | 15.6 | 10.2 |
| 29 | Dürrheim (H. v. MEYER, 1837, s. 63, 66) ... | 16.9 | 13.4 | 16.1 | 9.8 |

Öfversikt af faunan och floran inom de sköldpaddförande lagren å de skånska fyndorter, där sköldpaddornas lägen säkert kunnat angifvas.

| | Särlöfs m:e | Särilsöfs m:e | Munkholms m:e | Van- stads m:e | | S j ö n | Sniberups m:e | | | Hvitesjö m:e | | | Holmana | Vinninge m:e | |
|---|-------------|---------------|---------------|----------------------|---|---------|------------------|---|---|-----------------|---|---|---------|--------------|--|
| | | | | A | B | | A | B | C | A | B | C | | | |
| Faunan. | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mammalia. | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cervus Elaphus</i> L. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>Microtus terrestris</i> (L.) | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Aves. | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anas Penelope</i> L. | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Reptilia. | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Emys orbicularis</i> (L.) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | |
| Amphibia. | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rana</i> sp. | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Pisces. | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cyprinus</i> sp. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Esox lucius</i> L. | — | + | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | |
| <i>Perca fluviatilis</i> L. | — | + | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + | + | |
| Insecta. | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Acilius canaliculatus</i> NICOL. ¹ | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Balaninus nucum</i> L. ⁷ | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Carabid</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | |
| <i>Cryptocephalus bidens</i> THOMS. ¹⁰ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | |
| <i>Cymatopterus</i> sp. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Donacia aquatica</i> L. ⁸ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>D. bidens</i> OLIV. ¹ | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| „ <i>impressa</i> PAYK. ⁵ | — | — | — | — | — | — | — | + | — | + | + | — | + | — | |
| „ <i>mutica</i> DE GEER ² | — | — | — | + | + | — | — | + | — | + | + | — | + | — | |
| „ <i>nigra</i> FABR. ⁹ | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| „ <i>obscura</i> GYLL. ⁸ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| „ <i>spinosa</i> DE GEER ¹ | — | — | + | — | — | + | + | + | + | + | + | — | — | — | |
| „ <i>thalassina</i> GERM. ⁶ | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| „ sp. ¹² | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| „ sp. ¹² | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Feronia aterrima</i> PAYK. ⁶ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>Galleruca xanthomelæna</i> SCHRANK ⁸ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>Geotrupes silvaticus</i> PANZ ¹ | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>G. vernalis</i> L. ¹ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| „ sp. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Graphoderes</i> sp. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Gyrinus marinus</i> GYLL. ¹ | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>Hydrobius fuscipes</i> L. ¹ | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>Hydrous piceus</i> L. ⁷ | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>Ilybius</i> sp. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | |
| <i>Macrodytes dimidiatus</i> BORGSTR. ¹¹ | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| <i>M.</i> sp. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

¹ Artens nuvarande utbredningsområde i Sverige: Sk.—Lpld. ² Sk.—mell. Lpld. ³ Sk.—s. Lpld. ⁴ Sk.—Hlsld. ⁵ Sk.—Dalarne. ⁶ Sk.—Vestmld. ⁷ Sk.—Upld. ⁸ Sk. och Upl. ⁹ Sk.—Stockh. ¹⁰ Sk.—Vgld. ¹¹ Sk., Öl. och Gottl.; allt enligt GRILL. ¹² Ej närmare bestämda arter, hvilka enligt benäget meddelande af docent BENGTSOON numera ej tillhöra vår fauna.

| | Särslöfs m:e | Särilsjöfs m:e | Munkholms m:e | Vanstads m:e | | Sjön | Sniberups m:e | | | Hvitesjö m:e | | | Holmana | Vinninge m:e |
|---|--------------|----------------|---------------|--------------|---|------|---------------|---|---|--------------|---|---|---------|--------------|
| | | | | A | B | | A | B | C | A | B | C | | |
| <i>Rhyncolus nitidipennis</i> THOMS. ¹ | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Staphylinid</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — |
| Crustacea. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Daphnia pulex</i> DE GEER | — | — | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>D. sp.</i> | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Cladocera</i> gen. indet. : | — | — | + | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | + |
| Mollusca. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ancylus lacustris</i> L. | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | + |
| <i>Anodonta cygnea</i> L. | + | + | — | — | + | — | + | + | + | — | — | — | — | — |
| <i>Bythinia Leachi</i> SHEPP. | — | + | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + | + |
| <i>B. tentaculata</i> L. | — | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Helix fruticum</i> MÜLL. | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Limnaea auricularia</i> L. | + | + | — | + | + | + | + | + | — | — | — | — | — | + |
| <i>L. ovata</i> DRAP. | — | — | — | + | + | — | — | — | + | — | — | — | + | — |
| <i>L. peregra</i> MÜLL. | + | + | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + |
| <i>L. stagnalis</i> | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Physa fontinalis</i> L. | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Pisidium Lilljeborgi</i> CL. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>P. milium</i> HELD | — | + | — | + | — | + | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>P. nitidum</i> JEN. | + | — | — | + | + | + | — | + | — | + | + | + | — | + |
| <i>P. obtusale</i> (Lam.) C. PFR. | — | — | — | + | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>P. subtruncatum</i> MALM | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Planorbis albus</i> MÜLL. | — | + | — | + | + | — | + | — | + | — | — | — | — | + |
| <i>P. complanatus</i> L. | — | + | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>P. contortus</i> L. | — | + | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>P. nautilius</i> L. | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | + | + |
| <i>P. parvus</i> SAY | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>P. parvus</i> , var. <i>glaber</i> JEFFR. | — | — | — | + | + | — | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>P. umbilicatus</i> MÜLL. | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | + | + | — | — |
| <i>P. vortex</i> L. | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>Pupa antivertigo</i> DRAP. | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Sphaerium corneum</i> L. | — | — | — | + | — | + | — | — | — | + | + | + | — | + |
| <i>Succinea</i> sp. | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Valvata cristata</i> MÜLL. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>V. piscinalis</i> MÜLL. | — | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | — | + |
| Vermes. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Nepheleis octoculata</i> BERGM. | — | — | — | + | — | + | + | — | + | + | — | + | — | — |
| <i>Oligochaeta</i> gen. indet. | — | — | — | — | — | — | + | — | + | — | — | + | — | + |
| <i>Dendrocoelum lacteum</i> OERSTED | — | — | — | + | — | — | — | + | — | — | — | — | + | — |
| Spongiæ. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Spongilla lacustris</i> ANT. | — | — | — | + | + | — | — | + | — | — | + | — | — | + |
| Rhizopoda. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Arcella vulgaris</i> EHRENB. | — | — | — | — | + | + | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>A. sp.</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | + |
| <i>Centropyxis aculeata</i> STEIN | — | + | + | — | — | + | + | + | — | — | + | + | — | — |
| <i>C. delicatula</i> PAN. | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>C. sp.</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | + |
| <i>Diffugia constricta</i> EHRENB. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>D. olliformis</i> LAGERH. | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | + | — | — |
| <i>Lecquereusia spiralis</i> EHRENB. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — |
| <i>Nebela</i> sp. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — |
| <i>Pelomyxa</i> sp. | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Pyxidicula cymbalum</i> PAN. | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Quadrula irregularis</i> ARCH. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

¹ Sk.—Stockh.

| | Särslöfs m:e | Saritslöfs m:e | Munkholms m:e | Vanstads m:e | | S j ö n | Sniberups m:e | | | Hvitesjö m:e | | | Holmana | Vinninge m:e |
|--|--------------|----------------|---------------|--------------|---|---------|---------------|---|---|--------------|---|---|---------|--------------|
| | | | | A | B | | A | B | C | A | B | C | | |
| Floran. | | | | | | | | | | | | | | |
| Angiospermæ. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Alnus glutinosa</i> (L.) GÆRTN. = <i>A. rotundi-</i> <i>folia</i> MILL. | + | + | + | + | + | — | + | — | + | + | — | — | + | — |
| <i>Betula alba</i> L. | — | + | — | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>B. odorata</i> BECHST. = <i>B. pubescens</i> EHRH.... | + | — | — | — | — | + | + | + | + | + | — | — | + | — |
| <i>B. verrucosa</i> EHRH. | — | + | + | — | — | — | + | — | + | — | — | — | + | — |
| <i>Carex ampullacea</i> GOOD. = <i>C. rostrata</i> STO- | | | | | | | | | | | | | | |
| KES | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>C. filiformis</i> L. = <i>C. lasiocarpa</i> EHRH. | + | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>C. vesicaria</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — |
| <i>C. sp.</i> ¹ | — | + | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>C. spp.</i> | + | — | + | + | — | + | + | + | + | — | + | — | — | — |
| <i>Caryophyllacéer</i> | + | — | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>Ceratophyllum submersum</i> L. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Chenopodiacéer</i> | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Cicuta virosa</i> L. | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Cirsium palustre</i> (L.) SCOP | — | — | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>Cladium Mariscus</i> (L.) R. BR. | + | + | + | + | + | + | — | + | — | + | + | + | + | + |
| <i>Cornus sanguinea</i> L. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Corylus Avellana</i> L. | + | + | + | + | + | + | + | + | — | + | + | + | + | + |
| <i>Cyperacéer</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | + | — | — | — |
| <i>Ericacé</i> | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Hippuris vulgaris</i> L. | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Lycopus europæus</i> L. | — | — | — | + | + | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>Menyanthes trifoliata</i> L. | + | + | — | — | — | — | — | + | + | + | — | — | + | + |
| <i>Myriophyllum</i> cfr <i>alterniflorum</i> DC. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>M. verticillatum</i> L. | — | — | — | — | — | — | + | + | + | + | — | — | — | — |
| <i>Najas marina</i> L. | — | + | — | + | + | — | — | + | + | + | — | — | + | — |
| <i>Nuphar luteum</i> (L.) SM. | — | + | + | + | + | — | — | + | + | + | — | — | + | — |
| <i>Nymphaea alba</i> L. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Populus tremula</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — |
| <i>Potamogeton alpinus</i> BALBIS | — | — | — | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — |
| <i>P. crispus</i> L. | — | + | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>P. filiformis</i> PERS. | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>P. gramineus</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | + | — |
| <i>P. natans</i> L. | + | + | — | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | — |
| <i>P. cfr obtusifolius</i> M. & K. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>P. pectinatus</i> L. | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>P. cfr trichoides</i> CHAM. & SCHL. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>Quercus</i> sp. | — | + | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>Ranunculus Flammula</i> L. | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>R. repens</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>Rhamnus Frangula</i> L. | — | — | — | + | + | — | — | + | + | + | — | — | + | — |
| <i>Rubus idæus</i> L. | — | — | — | + | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>R. saxatilis</i> L. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>R. sp.</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>Rumex Acetosa</i> L. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>R. sp.</i> | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | + | — |
| <i>Salix aurita</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | + | — |
| <i>S. caprea</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>S. cinerea</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | + | — | + | — | — | + | — |
| <i>S. repens</i> L. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>S. sp.</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | + | — |
| <i>Scirpus lacustris</i> L. | — | + | — | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | — |
| <i>Sparganium</i> cfr <i>glomeratum</i> (LÆST.) NEUM. ... | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>S. ramosum</i> HUDS., BEEBY | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — |

¹ Se anmärkningen å nästa sida.

| | Särslöfs m:e | Särtslöfs m:e | Munkholms m:e | Vanstads m:e | | Sjö n | Sniberups m:e | | | Hvitesjö m:e | | | Holmana m:e | Vinninge m:e |
|---|--------------|---------------|---------------|--------------|---|-------|---------------|---|---|--------------|---|---|-------------|--------------|
| | | | | A | B | | A | B | C | A | B | C | | |
| <i>Sparganium</i> sp. | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Tilia europæa</i> L. = <i>Tilia cordata</i> MILL. | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>T.</i> sp. | — | — | + | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Ulmus</i> sp. | — | + | + | + | + | — | — | — | — | + | + | + | — | + |
| <i>Umbelliferer</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + |
| Gymnospermæ. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pinus silvestris</i> L. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Pteridophyta. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Polystichum Thelypteris</i> (L.) ROTH = <i>Dryopteris Thelypteris</i> (L.) A. GRAY | — | + | + | + | + | — | — | + | — | — | — | — | + | + |
| Muscineæ. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amblystegium fluitans</i> (L.) DE N. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>A.</i> sp. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — |
| <i>Fontinalis?</i> sp. | — | — | — | — | — | — | + | + | + | — | — | — | — | — |
| Thallophyta. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Algæ.</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anabaena Lemmermanni</i> RICHTER | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>A.</i> sp. | — | + | + | + | — | + | + | + | — | — | — | — | + | + |
| <i>Botryococcus Braunii</i> KÜTZ. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>Chara</i> spp. | — | — | + | + | + | + | + | — | + | + | + | + | + | + |
| <i>Chroococcacæer</i> | — | — | — | — | — | + | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>Chrysomonadinæer</i> | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + |
| <i>Conferva bombycina</i> LAGERH. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Cosmarium</i> spp. | + | + | — | + | + | + | + | + | — | + | + | + | + | — |
| <i>Desmadium Swartzii</i> AG. | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Diatomacæer</i> spp. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | + | — | + |
| <i>Euastrum</i> spp. | — | — | — | + | — | + | — | — | — | + | + | — | + | — |
| <i>Gloeocapsa</i> sp. | — | — | — | — | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Gloeotrichia</i> sp. | + | + | — | + | + | + | + | + | — | + | + | — | + | + |
| <i>Lyngbya</i> sp. | — | — | — | — | — | + | — | — | — | + | + | + | — | — |
| <i>Pediastrum Boryanum</i> MENEGH. | — | + | + | — | + | — | + | + | — | + | + | — | — | — |
| <i>Phacotus lenticularis</i> STEIN | — | + | — | — | + | — | — | — | — | + | — | — | — | — |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> BREB. | — | — | — | — | + | — | — | + | — | — | — | — | — | — |
| <i>S.</i> sp. | — | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Staurostrum</i> sp. | — | + | — | — | — | — | — | — | — | + | — | — | + | — |
| <i>Staurospermum</i> sp. | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Tetraëdron minimum</i> HANSG. | — | + | — | + | + | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>T. muticum</i> HANSG. | — | — | — | + | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Fungi. | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cenococcum geophilum</i> . FR. | + | — | — | + | — | — | — | — | — | + | — | — | — | — |
| <i>Triphragmium Ulmarie</i> (SCHUM.) LINK..... | — | — | — | + | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Anmärkning från föregående sida: På grund af förbiseende har vid läsningen af korrekturet uraktlåtits att rätta en å sid. 51—52 och 55—56 förekommande uppgift, enligt hvilken frukter af denna till arten obestämda *Carex* angifvits såsom tillhörande *C. Pseudocyperus*. Af samma anledning har en å sid. 29 lämnad, å sid. 34 återgifven likaledes oriktig uppgift rörande förekomsten af *Najas marina* f. *microcarpa* kommit att kvarstå.

Förklaring till kartan.

A den i slutet bifogade kartan angifves på ett ungefär nordgränsen för kärrsköldpaddans nuvarande utbredningsområde i Europa. Inom Frankrike, Italien och Österrike—Ungern är den hufvudsakligen inlagd med ledning af SCHARFFS (s. 178) karta. Likväl har ej såsom å denna till artens utbredningsområde medräknats västra delen af Schweiz, Mähren och andra landsdelar, där sköldpaddans uppgifna förekomst såsom relik t ej kunnat bestyrkas. I Ryssland åter är nordgränsen inlagd i enlighet med de uppgifter, som lämnats af DÜRIGEN, utom i landets västra del, där den på grund af anförda tvifvelsmål rörande artens fortlefvande i Kurland och nordligaste Litthauen af mig förlagts ej obetydligt längre i söder. Den med en streckad linie betecknade nordgränsen inom sistnämnda provins måste emellertid uppfattas såsom mycket ungefärlig. Inom Tyskland, där jag på flera ställen likaledes ansett mig böra förflytta den för sköldpaddans nuvarande utbredningsområde hittills antagna nordgränsen längre söderut, har denna förlagts utmed de längst i norr belägna fyndorter, å hvilka man har anledning antaga, att arten ännu förekommer såsom relik t. Vidare torde bemärkas, att vid inläggandet af de utanför nordgränsen påvisade, å här lämnade specialkartor upptagna fyndorter för fossil (eller subfossil) kärrsköldpadda har i åtskilliga fall, då dessa befunnits vara belägna alltför nära hvarandra för att hvar för sig kunna särskildt utmärkas, för dem användts ett gemensamt tecken.

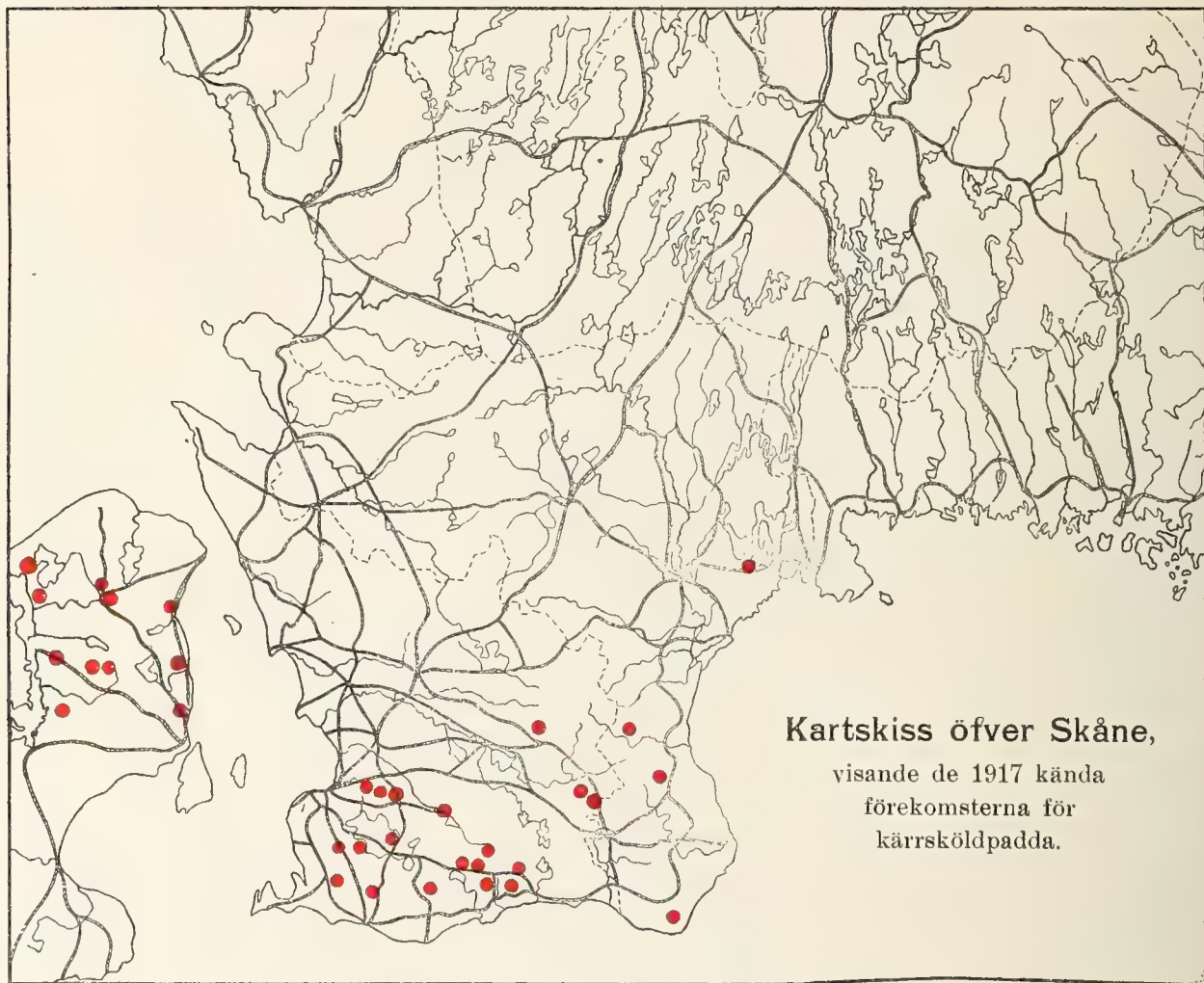
— — — — —

Allmän öfversikt och slutsatser.

En blick på omstående karts-kiss öfver Skåne, å hvilken samtliga ofvan anförda fyndorter för fossil kärrsköldpadda äro angifna, visar, att dessa alla äro belägna i närheten af provinsens södra och östra kuster. Utmed västra kusten sträcker sig emellertid området knappast längre norrut än den forna landförbindelsen med Seland nått och omfattar sålunda hufvudsakligast de delar af Skåne, hvilka en gång gränsat till *Ancylussjön*. Det oaktadt finnes ingen anledning till den förmodan, att kärrsköldpaddans utbredningsområde inom provinsen skulle ha varit inskränkt till det nämnda. Tvärtom synes den omständigheten, att arten vid tiden för sitt utdöende här i landet redan varit spridd så långt norrut som till Öland och Östergötland, snarare tala för, att den under samma tidsskede haft en allmän utbredning inom Skåne. Genom de nya fyndorter, som på sista tiden kunnat påvisas, har också artens kända utbredningsområde redan ökats ej obetydligt, och det är ganska sannolikt, att gränserna för detta snart nog skola än ytterligare utvidgas, om, såsom önskligt vore, det intresse, som för närvarande egnas tillvaratagandet af mossfynden, kommer att fortfara. Att något fyndställe för sköldpaddan ej föreligger från de mellersta och norra, mera skogrika delarna af Skåne, är mindre förvånande och kan tydligen hafva sin förklaringsgrund däri, att torfven i därvarande mossar ännu ej tillgodo-gjorts i samma utsträckning som i provinsens södra del. Märkligare kan då synas vara, att något sköldpaddfynd ej heller är bekant från hela västra Skåne, fränsedt dess sydvästra del. Anledningen torde likväl snarare vara att tillförskrifva bristande uppmärksamhet än, att arten ej förefunnits. Förhållandet ställer sig nämligen på liknande sätt med fördelningen af de inom provinsen påvisade fyndorterna för en och annan af de större vertebraterna. Att åter så pass många sköldpaddfynd äro kända från det område, som utbreder sig från Lund dels söderut, dels i SO mot Ystad, beror på flera omständigheter. Därvarande torfmossar ha nämligen icke allenast varit föremål för grundligare bearbetning än, hvad fallet varit annorstädes inom provinsen, utan äro också i och för sig rikare på vertebratlämningar i allmänhet än dylika i andra trakter. Därtill kommer, att de af SVEN NILSSON med hänsyn till sköldpaddans förekomst gjorda efterforskningarna hufvudsakligen sträckt sig till detta, af honom under lång tid så godt som årligen beresta område. Samt-

liga exemplar af arten, hvilkas fyndorter närmare angifvas af NILSSON, äro också anträffade i denna trakt, från hvilken för öfrigt likaledes den öfvervägande mängden af de af honom insamlade, talrika lämningarna af större vertebrater förskrifver sig.

Af de 30 anförda sköldpaddfynden från ofvan beskrifna mossar uppgifvas 15 vara från den närmast under den egentliga torfven befintliga detritusgyttjan eller



den s. k. lefvertorfven, 1 från »gyttja» och 3 från torfvens allra understa del, hvar med troligen också afses detritusgyttjan, under det att underrättelse saknas rörande beskaffenheten af de lager, hvarifrån de öfriga fynden förskrifva sig. Sålunda föreligga inga sköldpaddfynd hvarken från kalkgyttjan eller den egentliga torfven. Att dylika ej anträffats i kalkgyttjan, kan tydligen bero därpå, att afsättningen af denna redan var afslutad i mossarna i fråga vid den tid, då sköldpaddan infann sig därstädes. Om så ej varit fallet, är väl ganska sannolikt, att arten skulle hafva uppehållit sig lika gärna i de under bildning varande kalkkärren med sitt rika djur- och växtlif som i andra förhandenvarande vattensamlingar. Hvad åter beträffar, att sköldpaddlämningar ej iakttagits i torfven, kunna anledningarna därtill vara flera. Frånvaron af dylika lämningar skulle visserligen kunna förklaras

däraf, att arten måhända redan var utdöd hos oss vid tiden för ifrågavarande torflagers bildning, men orsaken därtill behöfver tydligen endast vara, att förhållandena i dessa mossar då ej längre varit gynnsamma för sköldpaddan. För öfrigt är det också ganska antagligt, att lämningarna af de exemplar, hvilka till äfventyrs varit inneslutna i torfven, blifvit upplösta af därstädes bildade syror. Ej mindre anmärkningsvärdt är, att de tillvaratagna sköldpaddlämningarna uteslutande härröra från fullt utvuxna, sålunda mycket gamla djur, en omständighet, som likaledes är karakteristisk för fynden från Danmark. Att helt unga individ af arten ej iakttagits, något som möjligen endast behöfver bero på förbiseende, men som tydligen också kan hafva sin grund i skalens jämförelsevis ringa resistens, är föga förvånande. Svårare torde däremot vara att förklara anledningen till, att lämningar tillhörande individ af mellanliggande åldersstadier äro så sällsynta.

Samtliga tillvaratagna exemplar af sköldpaddan äro mer eller mindre skadade eller defekta, men i de flesta fall har det kunnat konstateras, att skalen blifvit krossade först genom de vid torftäkten använda redskapen. Visserligen ha de smärre skelettdelarna — extremiteter, kotor m. m. — jämförelsevis sällan iakttagits, men anledningen därtill torde ingalunda vara, att dylika saknats å respektive fyndplatser, utan snarare, att de ej påaktats, ännu mindre efterletats. Det synes därför vara ganska sannolikt, att ifrågavarande exemplar ännu vid inbäddandet varit fullständiga. Man har sålunda ingen anledning förmoda, att djuren ljutit döden på våldsam väg. Visserligen ha enligt ROLLINAT (s. 7) de unga individen antagligen i uttern och räfven samt i en och annan större roffogel eller vadare fiender, för hvilka de äro ett lätt rof, men de utvuxna exemplaren torde däremot i sina hårda skal hafva ett säkert skydd mot dylika faror. Härtill kommer att, då lämningar af sköldpaddan ej påvisats någonstädes å de svenska boplatserna från stenåldern, man ej heller har anledning förmoda, att hon redan då i människan haft en fiende.

Såsom förut framhållits, kan det vara svårt att i hvarje särskildt fall direkt afgöra, huruvida de tillvaratagna sköldpaddorna lefvat samtidigt med afsättningen af den gyttja, hvari de anträffats, eller om de från högre upp belägna lager gräft sig ner å sina nuvarande platser och där omkommit. Men då sköldpaddan på sätt som nämnts för sin vinterdvala har att söka sig en dold och för större temperaturväxlingar skyddad plats, är det klart, att hon, då vinterläget intagits i botten af de forna, numera torffyllda bäcken, hvilka en gång utgjort hennes hemvist, ej haft för nöden att gräfvat sig ner till något afsevärdt djup. Och erfarenheten från sådana fall, då djuren under vintermånaderna varit nerkrupna i fasta marken, visar också, att de där befunnit sig på ett ganska ringa djup. För här föreliggande fråga torde sålunda den nyssnämnda eventualiteten (att sköldpaddorna skulle gräft sig ned till de respektive fyndlagren) knappast ha någon större betydelse, äfven om den i ett och annat fall synes hafva sannolikhet för sig. Så t. ex. antager NILSSON (1860, s. 21), att detta varit förhållandet med de af honom från Hassle-Bösarps mosse anförda, i gyttjan anhopade exemplaren. Detta hans antagande står i god samklang därmed, att individ af denna art liksom andra reptiler, då de gå i vinter-

kvarter, gärna hopa sig samman. På grund däraf är väl också ganska troligt, att sköldpaddorna i de få fall, då exemplaren anträffats parvis, såsom t. ex. i Särslöfs och Vinninge mossar liksom å ett eller flera af NILSSON omnämnda, men ej närmare angifna fyndställen, likaledes varit sådana, som gräft ned sig. Men om det också beträffande åtskilliga sköldpaddfynd skulle kunna visas, att exemplaren äro af samma ålder som omgifvande detritusgyttja, är denna omständighet i och för sig föga upplysande i afseende på tiden, då de lefvat. Såsom WESENBERG-LUND (s. 452) framhåller, är detritusgyttjan nämligen ej karakteristisk för någon särskild geologisk horisont men väl för ett visst igenväxningsskede, som i torfmossarnas utvecklingshistoria närmast föregår det, under hvilket den egentliga torfven bildas. Följaktligen kan detritusgyttjan icke allenast i samma trakt utan till och med i olika delar af samma mosse förete ganska stor olikhet med hänsyn till fossilen.

Ehuru klimatet under den senglaciala tiden, efter hvad senare undersökningar visat, haft en mildare prägel än man förut antagit, torde beskaffenheten af det samma det oaktadt varit ett absolut hinder, för att man skulle kunna tänka sig att kärrsköldpaddan redan då lefvat i Sverige. En antydning om, att arten icke dess mindre vid den tiden förekommit i vårt land, skulle man möjligen tro sig finna i en af SVEN NILSSON (1860, s. 12) lämnad uppgift af följande lydelse: »Att man i Skånes gamla torfmossar träffar ben af Sköldpaddan och Renen tillsammans, hvilket ådagalägger att dessa djur lefvat där på samma tid, torde förekomma mången oväntadt». Det synes vara ganska tvifvelaktigt, huru man i själfva verket bör tolka denna hans uppgift. Denna kan nämligen uppfattas dels så, som hade lämnningarna af sköldpaddan och renen inbäddats samtidigt med afsättningen af det lager, hvori de anträffats, dels så, som skulle sköldpaddan gräft sig ner i det redan färdigbildade, renbenen inneslutande lagret. I förra fallet måste man sålunda komma till det resultat, att ren och sköldpadda lefvat samtidigt, i det senare åter till, att sköldpaddans uppträdande tillhört en senare period. Vidare har man att taga i öfvervägande, huruvida uttrycket »träffar tillsammans» verkligen är att förstå efter ordalydelsen så, att fynd af ren och sköldpadda gjorts i omedelbara närheten af hvarandra eller åtminstone i samma lager, eller om ej, såsom af flera omständigheter förefaller troligast, ordet »tillsammans» kan medgifva en ganska tänjbar tydning. NILSSON sammanställer nämligen flerstädes på detta sätt fynd, som ej ha annat inbördes samband än, att de t. ex. gjorts i samma mosse. Eller är det måhända så, att NILSSONS ifrågavarande uppgift tillkommit endast på grund af slutsatser, hvilka han ansett sig kunna draga af sköldpaddfyndet från Gräfvie mosse, det enda, som af honom närmare beskrifvits. Med hänsyn till tiden, då den där funna sköldpaddan lefvat, framhåller han (1839, s. 209—210) »att i gamla torfmossar, som synas vara af lika ålder med den ifrågavarande, finnas ben af Vildsvin, Elgar, Renar, m. fl.» För öfrigt är väl föga sannolikt, att NILSSON, med

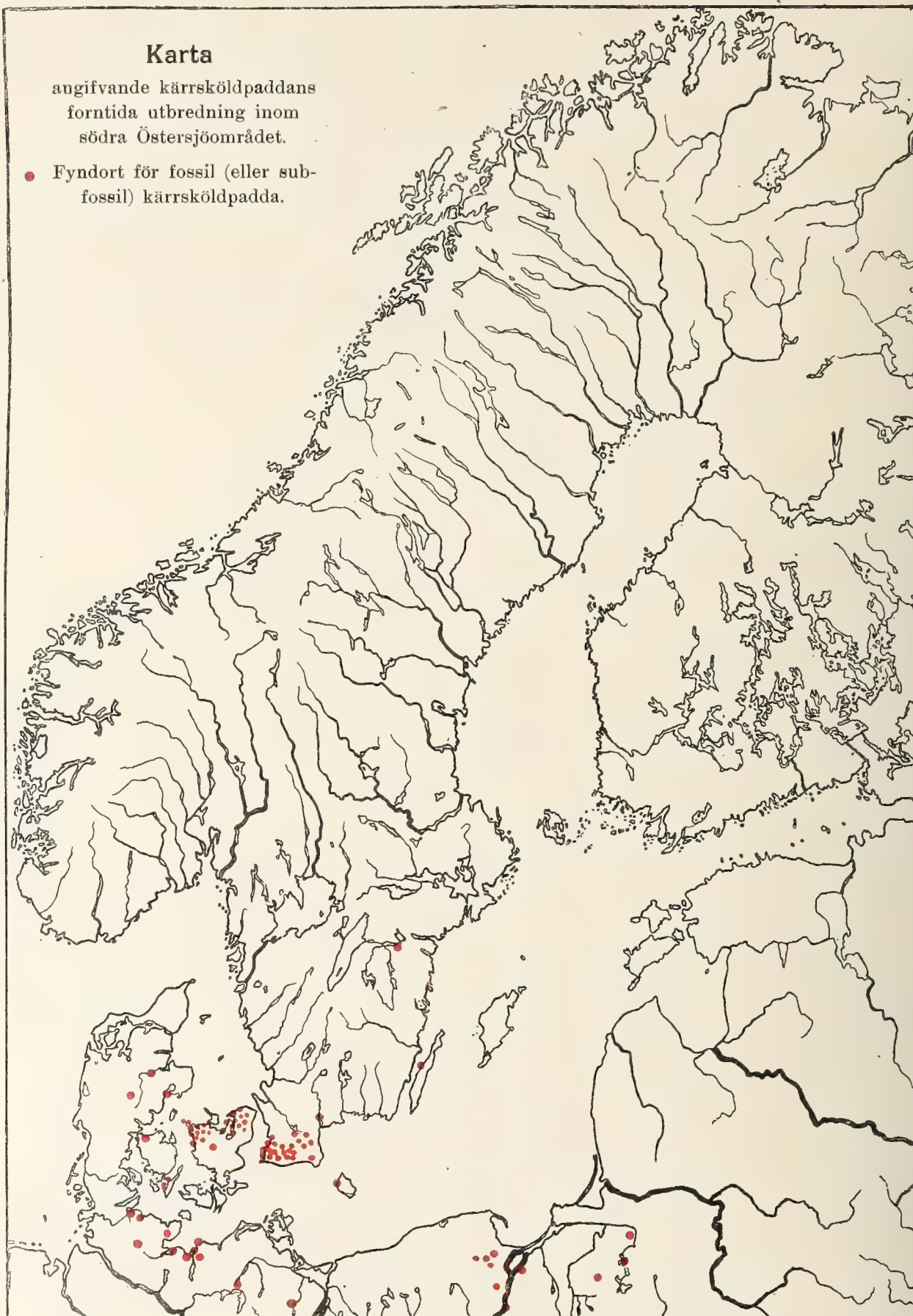
kännedom om något under så pass märkliga förhållanden gjordt sköldpaddfynd, skulle hafva underlåtit att närmare angifva såväl platsen för detta som de omständigheter, hvilka därmed varit förknippade. Dessa tvifvelsmål bestyrkas i viss mån däraf, att i Hassle-Bösarps, Munkholms, Sniberups och Vanstads mossar, i hvilka fynd af såväl ren som kärrsköldpadda påvisats, ha renlämningarna legat i den senglaciala sötvattensleran, under det att sköldpaddorna här liksom i öfriga ofvan beskrifna skånska mossar anträffats i detritusgyttja, afsatt sedan ett varmare skede af Ancylustiden inträdt eller möjligen ännu senare. Beträffande öfriga i Skåne gjorda renfynd, rörande hvilka något närmare är känt, må anföras, att de samtliga likaledes förskrifva sig från dylik lera eller andra därmed samtidiga bildningar.

Om vi sålunda i klimatförhållandena under den senglaciala tiden funnit ett skäl mot antagandet, att kärrsköldpaddan då skulle kunna hafva lefvat i Sverige, torde säkerligen under Litorinatiden den dåvarande fördelningen af land och haf utgjort ett ej mindre kraftigt hinder för hennes invandring. Fastän som bekant sköldpaddan fördrager bräckt vatten, måste dock det faktum, att Östersjöns vatten under sistnämnda tidsskede hade en salthalt, som vida öfversteg den nuvarande, hafva spelat en ingalunda oviktig roll för hennes utbredning. Och vidare har säkerligen den omständigheten, att arten undviker öppna hafvet och djupare vatten, varit af ganska stor betydelse för föreliggande fråga. Redan dessa skäl tala för, att *kärrsköldpaddan inkommit till vårt land under Ancylustiden*, något som åtskilliga författare såsom MUNTHER (1893, s. 16), NATHORST (s. 266) m. fl. hålla för sannolikt. En antydning i samma riktning lämnar redan SVEN NILSSON (1860, s. 12). Att sköldpaddans invandring ägt rum under nämnda tidsskede, är så mycket troligare, som förhållandena just då synas hafva varit särskildt fördelaktiga för spridningen af ett djur med hennes lifsfordringar. Sålunda måste tydligen den landförbindelse, som under Ancylustiden förefanns öfver de danska öarna mellan Skåne och Jutland samt delar af norra Tyskland, haft afgörande betydelse för artens invandringsväg. Därtill kommer också, att under senare delen af nämnda tidsskede vårt lands klimat, efter hvad man på goda grunder antager, var fullt ut så gynnsamt som det nu rådande i närmaste grannländer, där sköldpaddan fortlever. Den geografiska fördelningen af fyndorterna för fossila lämningar af arten talar äfvenledes för sannolikheten af ofvan gjorda antagande. Såsom omstående karta visar, kan nämligen den väg, å hvilken sköldpaddan invandrat till Sverige, följas från Mecklenburg den nuvarande kusten utefter genom östra delen af Holstein och sydöstra Jutland öfver Fyen och Langeland till norra Seland. Huruvida arten till sistnämnda ö också inkommit öfver den forna landförbindelsen med Pommern och Mecklenburg, hvilket man väl får antaga, kan emellertid för närvarande ej afgöras, enär fossila fynd af densamma hittills ej kunnat påvisas vare sig å Möen, Falster, Laaland eller i södra delen af Seland. Det säkraste beviset för, att sköldpaddan redan under Ancylustiden hade sina vägar norrut, lämnar ovedersägligen hennes fossila förekomst på Bornholm, dit arten tydligen endast kan hafva inkommit öfver

Karta

angivande kärrsköldpaddans
fortida utbredning inom
södra Östersjöområdet.

- Fyndort för fossil (eller sub-
fossil) kärrsköldpadda.



den nära fullständiga landförbindelse, som enligt G. DE GEER (1896, s. 110) då förefanns mellan denna ö och pommerska landet (Rügen).

Om man på grund af det nu anförda antog, att sköldpaddan invandrat till vårt land under slutet af Ancylostiden, så blir en annan fråga, huru ett dylikt antagande skulle ställa sig till det resultat, de geologiska undersökningarna lämnat. Såsom man redan på förhand kunde vänta sig, har det därvid, såvidt närmare under rättelser om fyndomständigheterna förelegat, alltid visat sig, att de fossila sköldpaddorna hos oss utan undantag anträffats i lager, afsatta efter Ancylostidens inträde. I de flesta fall har de sköldpaddförande lagrens ålder kunnat preciseras därhän, att de bildats efter det, att ett varmare skede af Ancylostiden tagit sin början. Huruvida åter lagren i fråga verkligen härröra från detta eller möjligen förskrifva sig från Litorinatiden, framgår däremot ej af de inneslutna fossilen och torde för öfrigt, när det som här gäller lakustrina bildningar, vara ganska svårt att afgöra.

Om det sålunda ej låter sig göra att efter fossilen bestämma de sköldpaddförande gyttjelagrens ålder med hänsyn till det postglaciala tidsschemat, måste vi se till, huruvida ej en indirekt tidsbestämning skulle vara möjlig, t. ex. med hjälp af redskap, funna samman med sköldpaddorna. »Att denna sköldpadda lefvat i södra Sverige på en tid sedan landet, efter glacierperioden, fått icke blott sina därstädes nu lefvande djurarter, utan äfven sedan det erhållit sina första inbyggare», anser sig SVEN NILSSON (1860, s. 10) med säkerhet kunna sluta till däraf, »att dess kvarlevor träffats på åtskilliga ställen i samma torfmossar, i hvilka förekomma alster af människoverksamhet, åtminstone från de äldsta halfvilda invånarne, som till verktyg icke egde metaller, utan förfärdigande sig sådana af sten och ben.» Det enda under dylika förhållanden gjorda fynd, som NILSSON uttryckligen anför, är det från Öij mosse å Öland, i hvilken man, såsom å sid. 42 förut nämnts, anträffat såväl sköldpaddlämningar som ett af människohand bearbetadt »kotben». Huruvida NILSSON haft sig bekant någon annan mosse, där sköldpaddlämningar faktiskt förekommit i sällskap med redskap eller vapen vare sig af nämnda ämnen eller brons, låter sig ej afgöra. Några uppgifter om, att så varit fallet, föreligga visserligen ej, men är icke dess mindre ganska möjligt. Vi hafva nämligen åtminstone en indirekt antydning därom i NILSSONS (1860, s. 14) framhållande af, att man aldrig så vidt han vet tillsammans med sköldpaddor funnit ben af tama djur eller vapen och redskap af järn. Hvad slutligen beträffar de ofvan af mig beskrifna sköldpaddfynden från Skåne, har endast det från profil A i Sniberups mosse gjorts under sådana omständigheter, att någon närmare bestämning af det arkeologiska tidsskede, under hvilket det därstädes anträffade exemplaret lefvat, skulle kunna ifrågasättas. På grund af å sid. 81 förut angifna skäl har emellertid en absolut säker tidsbestämning ej varit möjlig, om också den i samma lager funna hornyxan talar för sannolikheten af, att sköldpaddan i detta speciella fall lefvat under den äldre kjökkenmöddingtiden, d. v. s. ungefär vid tiden för Litorinahafvets maximumstånd.

Såsom af det anförda framgår, har det ej lyckats att framdraga något faktiskt bevis för att sköldpaddan, i enlighet med hvad ofvan förmodats, verkligen lefvat i

Sverige under den senare delen af Ancylostiden. Men alldenstund hon, såsom fynden från Bavnemose angifva, redan då fanns på Seland, kan ej råda något tvifvel om, att hon under nämnda tidsskede invandrat till Skåne öfver den dåvarande landförbindelsen med denna ö.

När kärrsköldpaddan utdog i Sverige och Danmark, är en fråga, som med ledning af föreliggande fynd ej torde kunna besvaras. Att hon ännu fanns i Danmark under det skede af Litorinahafvets regression, hvilket sammanfaller med gånggriftstiden, framgår emellertid af fyndet från kjøkkenmöddingen vid Troldebjerg å Lange-land. På grund af STEENSTRUPS uttalande i afseende på de vid Eegholm på Seland anträffade sköldpaddorna skulle arten möjligen kunna hafva fortlefvat i Danmark till och med så sent som efter stenålderns slut. Och likaledes kunde man i ofvan anförda uppgift af SVEN NILSSON se en antydning om, att arten ännu under bronsåldern funnits i Sverige, men huru härmed sig förhåller, kan för närvarande ej afgöras.

Att kärrsköldpaddans försvinnande från vår fauna haft sin grund i den postglaciala klimatförsämringen, därom kan ej råda mer än en mening. Men hur man härvid har att tänka sig sambandet mellan orsak och verkan, blir en annan fråga. Artens utdöende hos oss behöfver nämligen icke vara en direkt följd af temperatur-sänkningen allena, ty äfven genom andra, i samband med klimatförsämringen stående faktorer eller rent af på indirekt väg kan samma verkan hafva åstadkommit.

Man vet visserligen ej med säkerhet, huruvida sänkningen af sommärens och höstens medeltemperaturer åtföljts af en nämnvärd nedsättning af vintertemperaturerna, men efter hvad såväl EKHOLM (s. 380) som GUNNAR ANDERSSON (1909, s. 65) antaga, torde knappast vara sannolikt, att så varit förhållandet. I alla händelser skulle emellertid en ökad vinterköld säkerligen ingalunda kunnat spela någon roll i afseende på sköldpaddans utdöende. Fastän arten liksom andra reptiler under den vitala perioden ej uthärdar långvarig eller stark köld, är den nämligen, efter hvad DÜRIGEN (s. 32), VON TOMASINI (s. 569) m. fl. uppgifva, under vintersömnen föga känslig för lägre temperaturer och tål till och med att stelfrysa utan att därpå lida något men. Detta gäller icke allenast för de utvuxna sköldpaddorna utan äfven för de yngre, och såsom ROLLINAT (s. 52) påvisat till och med för de på hösten framkläckta, i sina endast 10—15 cm. under jordytan belägna hålor öfvervintrande individen. Följaktligen har man äfven i de fall, då fyndomständigheterna synas visa, att de i fossilt tillstånd anträffade sköldpaddorna omkommit i sina vinterlägen, ingen särskild anledning antaga, att vinterkölden varit den direkta orsaken. Hvad åter beträffar nedsättningen af medeltemperaturerna under den del af året, inom hvilken sköldpaddans vitala period infaller, är visserligen ganska möjligt, att det gifvits fall, då plötsliga, mer eller mindre abnorma temperatursänkningar kunnat vålla djurens undergång, men att nämnda temperaturnedsättning varit en direkt

anledning till artens utdöende är dock föga sannolikt. För öfrigt torde man hafva anledning antaga, att de i Sverige och Danmark funna fossila sköldpaddorna, hvilka i storlek i regel kunna mäta sig med och i åtskilliga fall till och med öfverträffa de recenta exemplaren af arten från Nordtyskland, så godt som uteslutande varit fullt utvuxna individ, som dukat under för åldersgränsen.

Orsaken till sköldpaddans utdöende måste följaktligen vara att söka i andra omständigheter. Bland dylika har man närmast att tänka på de hinder, hvilka klimatförhållandena kunnat lägga i vägen för fortplantningen. Redan däri, att inom de nordligaste delarna af sköldpaddans nuvarande utbredningsområde i Tyskland endast kunnat påvisas några få fyndorter, där arten för närvarande är stadd i fortplantning, skulle man kunna se en antydning i denna riktning. En bekräftelse härå torde man finna i ofvan anmärkta förhållande, att från ännu nordligare, invid Östersjön belägna trakter af Tyskland, inom hvilka sköldpaddan icke längre förekommer vild, ej föreligger något i senare tid iakttaget fall, då i frihet försatta exemplar af arten fortplantat sig. Af särskild betydelse för föreliggande fråga är vidare redan anförda omständighet, att sköldpaddans fortplantningsskeden infalla ganska olika inom utbredningsområdets olika delar. I all synnerhet gäller detta den tidsperiod, under hvilken äggen skola vidare utvecklas. Att denna skiljaktighet står i nära samband med de respektive landsdelarnas olika temperaturförhållanden, ligger tydligen i sakens natur och bekräftas för öfrigt genom ROLLINATS iakttagelser i mellersta Frankrike. Såsom af det förut anförda framgår, torde sagda period inom norra delen af utbredningsområdet infalla under tiden juni—oktober. Då klimatförsämringen hos oss särskildt gifvit sig uttryck i en betydligare sänkning af just dessa månaders medeltemperaturer, ligger den förmodan nära till hands, att äggens utveckling här omöjliggjorts på grund af för låga sommar- och hösttemperaturer. Ytterligare stöd för denna förmodan lämnar det förhållandet, att de nuvarande medeltemperaturerna för såväl sommarens som höstens olika månader inom de olika delar af Sverige och Danmark, i hvilka kärrsköldpaddan anträffats fossil, ganska afsevärdt understiga motsvarande medeltemperaturer inom de närmast belägna landsdelar, där *arten* fortlefver. För ett bestämdt afgörande af frågan fordras emellertid noggranna uppgifter om måttet på den i södra Sverige försiggångna temperatur-sänkningen. Härvid är man dock uteslutande hänvisad till det resultat, hvartill som bekant EKHOLM (s. 385) kommit genom sina teoretiska undersökningar. Enligt hans, på ändringar i jordaxelns lutning mot ekliptikan grundade beräkningar skulle nämligen under det skede af den postglaciala tiden, då klimatförhållandena i södra Sverige och Danmark ställde sig gynnsammast — d. v. s. för 9,100 år sedan — de där rådande medeltemperaturerna för maj—september hafva varit respektive 1.7° , 1.9° , 1.7° , 1.2° , 0.3° högre och för oktober 0.7° lägre än de nuvarande, af HAMBERG (s. 30, 34, 36) för Sverige och af det danska meteorologiska institutet¹ för Danmark angifna. Inom Skåne och de till sköldpaddans forna utbredningsområde hörande

¹ Maanedsoversigt over Vejrforholdene 1915.

delarna af Östergötland, Öland och Danmark skulle sålunda medeltemperaturerna för nämnda månader då ställt sig såsom nedanstående tabell utvisar ¹:

| | Maj | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. |
|--|------|------|------|------|-------|------|
| Östergötland (Norsholm) ² | 11.5 | 17.0 | 18.7 | 16.6 | 11.8 | 5.4 |
| Öland (Borgholm) | 10.6 | 15.9 | 18.5 | 17.2 | 12.8 | 6.9 |
| Skåne (Lund) | 11.7 | 16.5 | 18.0 | 16.8 | 12.9 | 7.1 |
| Bornholm (Hammershus) | 10.4 | 15.6 | 18.0 | 17.1 | 13.7 | 8.3 |
| Seland (Köpenhamn) | 12.1 | 16.7 | 18.3 | 17.1 | 13.3 | 7.8 |
| » (Kallundborg) | 12.7 | 17.1 | 18.5 | 17.3 | 13.3 | 7.7 |
| Jutland (Kolindsund) | 12.0 | 16.5 | 17.8 | 16.4 | 12.3 | 7.7 |

Å de nordligaste tyska fyndorter, där man har anledning antaga, att arten ännu fortplantar sig, äro motsvarande medeltemperaturer följande:

| | Maj | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. |
|--|------|------|------|------|-------|------|
| Mecklenburg (Feldberg) ³ | 12.3 | 16.1 | 17.5 | 16.2 | 13.0 | 8.0 |
| Hinterpommern (Springe) ⁴ | 11.1 | 15.6 | 17.5 | 16.9 | 13.6 | 8.7 |
| Westpreussen (Riesenburg) ⁵ | 11.3 | 16.0 | 17.7 | 16.7 | 12.9 | 7.5 |
| Ostpreussen (Osterode) ⁶ | 11.2 | 16.0 | 17.7 | 16.7 | 12.9 | 7.3 |

Jämföras de med tillhjälp af EKHOLMS siffror erhållna danska temperaturvärdena med de här ofvan anförda tyska, finner man, att de för Danmark angifna värdena i så godt som intet fall nämnvärdt understiga, men för vissa månader något öfverskrida motsvarande i Tyskland iakttagna. Sammanställda med medeltemperaturerna å de tyska fyndorterna visa de beräknade temperaturvärdena för Skåne och Öland likaledes synnerligen stor öfverensstämmelse beträffande samtliga månader, men de för Östergötland något lägre tal för september—oktober. Denna senare olikhet har säkerligen samma förklaringsgrund, som GUNNAR ANDERSSON (1902, s. 154) angifvit för ett af honom anfördt liknande fall. Vid bestämmandet af storleken af värmeminskningen i norra och mellersta Sverige från tiden för hasselnas största utbredning — d. v. s. samma varma tidskede som EKHOLM afser — till nutiden, har nämligen GUNNAR ANDERSSON kommit till siffror, hvilka, jämförda med

¹ I det följande afses uteslutande medeltemperaturerna vid stationernas nivå.

² Beräknade ur medeltemperaturerna för Linköping.

³ Då Feldberg och Neustrelitz äro belägna på ungefär samma latitud och därtill befinna sig på så godt som samma höjd öfver hafvet, torde medeltemperaturerna för dessa båda, endast omkring 25 km. från hvarandra liggande orter, ej förete någon nämnvärd olikhet. Vid angifvandet af medeltemperaturerna för Feldberg har jag därför begagnat mig af de temperaturvärden, som af HABERLAND anföras för Neustrelitz.

⁴ Beräknade ur de af KELLER (Tab., s. 27) anförda medeltemperaturerna för Berlin, Hela och Konitz, hvarvid liksom i det följande användts den af honom (Bd. 1, s. 41) angifna formeln.

⁵ Beräknade ur medeltemperaturerna för Bromberg, Konitz och Königsberg.

⁶ Beräknade ur medeltemperaturerna för Bromberg, Konitz och Königsberg.

med de af EKHOLM beräknade, synnerligen väl öfverensstämma för maj—juli, men päremot äro betydligt högre för augusti och särskildt september—oktober. Denna afvikelse är emellertid, såsom GUNNAR ANDERSSON framhåller, ganska naturlig, enär ifrågavarande siffror ej *kunna* öfverensstämma. Enligt EKHOLM (s. 383) gälla nämligen de af honom angifna temperaturskillnaderna, hvilka endast äro härledda ur skillnaderna i solstrålning, blott under vissa förutsättningar, däribland »att det uppsupna solvärmnet kommer den ort till godo, där det instrålar, och icke genom vindar och hafsströmmar transporteras till andra trakter». Vid beräkningen af nämnda temperaturskillnader har därför, såsom GUNNAR ANDERSSON vidare påvisat, ej kunnat medtagas den under sommaren af Östersjön magasinerade värmemängden, som under hösten kommit norra och mellersta Sveriges kusttrakter till godo och därvid haft och fortfarande har et stort inflytande på klimatet. Hvad nu sagts om nämnda värmeminskning för augusti—oktober inom landets norra och mellersta delar gäller tydligen också södra Sverige, liksom de till Östersjön gränsande delarna af Danmark. Man har följaktligen all anledning antaga, att medeltemperaturerna för nämnda månader, däribland särskildt september—oktober, hvarom här är frågan, därsammastädes före klimatförsämringen varit ej obetydligt högre, än hvad EKHOLMS siffror angifva, och att sålunda ofvan påvisade olikhet mellan södra Sveriges dåvarande och norra Tysklands nuvarande medeltemperaturer i själfva verket reducerar sig till så godt som ingen. Det vill sålunda synas, som föreläge grundade skäl för ofvan uttalade förmodan, att *man i de hinder, som den i postglacial tid försiggångna värmeminskningen under sommaren och hösten lagt i vägen för äggens mognad, skulle ha att söka en af de förnämsta eller måhända den egentliga orsaken till kärrsköldpaddans utdöende i Sverige och Danmark.* Nämnda orsak torde man likaledes tillskrifva, att sköldpaddan numera ej utsträcker sitt utbredningsområde ända till Östersjöns stränder, liksom att hon för närvarande här och hvar i de nordligaste delarna af Tyskland är stadd i aftagande. Samma förklaringsgrund gäller troligen också sköldpaddans utdöende i nordvästra Europa och särskildt i de närmast intill Nordsjön belägna landsdelar, hvilkas sommartemperaturer numera ställa sig mindre gynnsamt för artens fortplantning. Till den där försiggångna temperatursänkningen har tydligen i ganska väsentlig mån bidragit det genom engelska kanalens och Nordsjöns bildning ökade maritima inflytandet.

Litteraturförteckning.

- ANDERSSON, GUNNAR. Studier öfver torfmossar i södra Skåne. Stockholm 1889. — Bih. till K. Sv. Vet.-Ak. Handl., Bd 15, Afd. III, N:o 3.
- . Hasseln i Sverige fordom och nu. Stockholm 1902. — Sv. Geol. Unders., Ser. Ca, N:o 3.
- . The climate of Sweden in the late-Quaternary period. Stockholm 1909. — Sv. Geol. Unders., Ser. C, N:o 218 (= Årsbok 3, N:o 1).
- BAER, K. E. VON. Beitrag zu der Entwicklungsgeschichte der Schildkröten. — J. Müllers Arch. Anat. Physiol. etc., Berlin, Jahrg. 1834.
- BAUDOUIN, M. De l'existence de la tortue d'eau douce en Vendée à l'époque Gallo-romaine. — Bull. Soc. Sc. nat. de l'ouest de la France, II. Sér., Tome IX, Trim. 4, 1909.
- BEKMANN, B. L. Historische Beschreibung der Chur und Mark Brandenburg. Teil 1. Berlin 1751.
- BELTZ, BOB. Die steinzeitlichen Fundstellen in Meklenburg. — Jahrb. Ver. meklenb. Geschichte u. Alterthumsk., Jahrg. 64, 1899.
- BERGER, P. Seltene vorgeschichtliche Funde aus der Merseburger Gegend. — Mannus 2, Ergänzungsbd, 1910.
- BERNOULLI, J. Sammlung kürzer Reisebeschreibungen etc. Berlin. Jahrg. 1781.
- BOCK, F. S. Versuch einer wirthschaftlichen Naturgeschichte von dem Königreich Ost- und Westpreussen. Teil 4. Dessau 1784.
- BRAUN, M. Über die europäische Sumpfschildkröte in Ost- und Westpreussen. — Schr. Physik.-ökonom. Ges. Königsberg, Jahrg. 48, 1907.
- BROCKMÜLLER, H. Die Schildkröte in Mecklenburg. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 30, 1876.
- BRUZELIUS, NILS G. Katalog öfver Ystads femklassiga läroverks museum. Malmö 1885.
- BUJACK, J. G. Naturgeschichte der höheren Thiere mit besonderer Berücksichtigung der Fauna prussica. Königsberg 1837.
- CONWENTZ, H. Vorkommen und Verbreitung der Sumpfschildkröte in Westpreussen und im Nachbargebiet. Danzig 1910. — Anlage zum 30. Verwaltungsber. Westpr. Prov.-Museum 1909.
- DAHMS, P. Die Sumpfschildkröte, *Emys europaea* Schweigg., in Westpreussen. — 28. Ber. Westpr. Bot.-Zool. Vereins, 1906.
- . Weitere Mitteilungen über das Vorkommen der Sumpfschildkröte, *Emys europaea* Schweigg., in Westpreussen. — 31. Ber. Westpr. Bot.-Zool. Vereins, 1909.
- DALMAN, J. W. Underrättelse om några sköldpaddskal, som blifvit funna vid gräfning af Götha Canal. — K. Sv. Vet.-Ak. Handl. 1820, H. 2.
- DE GEER, G. Beskrifning till kartbladet Bäckaskog. Stockholm 1889. — Sv. Geol. Unders., Ser. Aa, N:o 103.
- . Om Skandinaviens geografiska utveckling efter istiden. 1, 2. Stockholm 1896.
- DUBOIS, EUG. L'âge de l'argile de Tegelen et les espèces de Cervèdes qu' elle contient. — Archives du Musée Teyler, Haarlem, Sér. II, Vol. IX, 1905.
- DÜRIGEN, B. Deutschlands Amphibien und Reptilien. Magdeburg 1897.
- EICHWALD, K. E. Naturhistorische Skizze von Lithauen, Volhynien und Podolien. Wilna 1830.

- EICHWALD, K. E. Fauna caspio-caucasica. Petropoli 1841. — Nouv. Mém. de la Soc. Imp. d. Nat. de Moscou, Tome VII, 1842.
- . Naturhistorische Bemerkungen über Algier und den Atlas. — Nouv. Mém. de la Soc. Imp. d. Nat. de Moscou, Tome IX, 1851.
- EKHOLM, N. Om klimatets ändringar i geologisk och historisk tid samt deras orsaker. — Ymer, Stockholm, Årg. 19, 1899.
- EWALD, R. Meddelande å sammankomsten d. 24 Okt. 1912. — Schr. Physik.-ökonom. Ges. Königsberg, Jahrg. 53, 1912.
- FISCHER, J. VON. Die Reptilien und Amphibien des Petersburger Gouvernements. — Zool. Garten, Jahrg. 14, 1873.
- FISCHER-SIGWART, H. Die europäische Sumpfschildkröte, *Emys europaea* etc. — Zool. Garten, Jahrg. 34, 1893.
- FOURNIER, G. Découverte d'un ossement de tortue dans une grotte de la région de la Meuse. — Ann. Soc. Geol. Belgique, Tome XXXI, 1903—1904.
- FRIEDERICH, K. Weiteres über die Sumpfschildkröte. Berlin 1910. — Sonderdr. Mitteil. d. Fischerei-Ver. für die Prov. Brandenburg, Bd 2, Heft 15, 1910.
- GEINITZ, E. Mitteilung an Prof. H. B. Geinitz. — N. Jahrb. f. Min. etc., Jahrg. 1877.
- GIEBEL, C. *Cistudo anhaltina* n. sp. — Zeitschr. f. d. Gesamten Naturwissenschaften, Jahrg. 27, 1866.
- GREVÉ, C. Die Sumpfschildkröte, *Cistudo lutaria*, bei Moskau. — Zool. Garten, Jahrg. 29, 1888.
- . Die Teichschildkröte *Emys orbicularis* L. in den Ostseeprovinzen. — Korr.-Bl. Nat. Ver. Riga, Jahrg. 53, 1910.
- GRIEWANK, C. Einige Bemerkungen über die noch vorhandenen Waldungen auf dem Klützer Ort. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 5, 1851.
- GRILL, C. Catalogus Coleopterorum Scandinaviae, Daniae et Fenniae. Holmiae 1896.
- HABERLAND, M. Monatsmittel aus den zwanzigjährigen Beobachtungen zu Neustrelitz von 1881 bis 1900. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 54, 1900.
- . Ergebnisse der Beobachtungen an der meteorologischen Station II. Ordnung Neustrelitz in Jahr 1901(—1910). — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 55—65, 1901—1911.
- HAHN. Zum Vorkommen der Sumpfschildkröte (*Emys europaea*) in Mecklenburg-Strelitz. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 64, 1910.
- HAMBERG, H. E. Medeltal och extremer af lufttemperaturer i Sverige 1856—1907. Uppsala 1908. — Bih. till Meteorologiska iakttagelser i Sverige, Bd 49, 1907.
- HOLLAND. Die Wirbelthiere Pommerns. Stolp 1871.
- HOLST, N. O. Om ett fynd af uroxer i Råneby, Ryssby socken, Kalmar län. — Geol. Fören. i Stockholm Förh., Bd 10, 1888.
- . Postglaciala tidsbestämningar. Stockholm 1909. — Sv. Geol. Unders., Ser. C, N:o 216 (= Årsbok 2, N:o 8).
- . Beskrifning till kartbladet Börringe Kloster. Stockholm 1911. — Sv. Geol. Unders., Ser. Aa, N:o 138.
- J. A. D. D. Beantwortung der Aufgabe vom Laichen der Fische in dem 48sten Stück des Hannoverischen Magasins vom 1764. — Hann. Mag., Jahrg. 5, 1767.
- JOHANSEN, A. C. Om den fossile kvartære Molluskfauna i Danmark og dens Relationer til Forandringer i Klimaet. Land- og Ferskvandsmolluskfaunaen. København 1904.
- . Om Temperaturen i Danmark og det sydlige Sverige i den senglaciale tid. København 1906. — Meddelelser fra Dansk geologisk Forening, Nr 12.
- JUNGENSEN, H. F. E. Danmarks fauna. Krybdyr og Padder. Kbhvn 1907.
- KELLER, H. Memel-, Pregel- und Weichselstrom, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Bd. 1—4, Tabellenband, 46 Kartenbeilagen. Berlin 1899.
- KILIAN. Naturhistorische Mittheilungen. Mannheim 1844. — Anhang 10. Jahresber. d. Mannh. Ver. f. Naturk. 1843.
- KNAUER, F. Die Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) als Relikt im Norden Mitteleuropas. — La-certa, Braunschweig, Jahrg. 1912.

- KOCH, A. *Emys europaea* bei Schwerin. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 20, 1866.
- KOCH, F. E. *Emys europaea*. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 39, 1885.
- KOCH, L. Nye Bidrag til Mullerupkulturens geologiske Alder. København 1916. — Meddel. fra Dansk geol. Foren., Bd 5, N:o 6.
- KRAUSE, K. E. H. *Emys europaea* in Mecklenburg. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 41, 1887.
- . *Emys europaea Schn. (orbicularis L.)* in Mecklenburg. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 44, 1890.
- KURCK, C. Arkeologiska och växtgeografiska studier öfver skånska torfmossar. — Ymer, Stockholm, Årg. 30, 1910.
- LAUFER, E. Das Diluvium und seine Süßwasserbecken im nordöstlichen Theile der Provinz Hannover. — Jahrb. K. Pr. geol. Landesanst. u. Bergakad. zu Berlin 1883.
- LISCH, G. C. F. Pfahlbauten in Mecklenburg. — Jahrb. Ver. meklenb. Geschichte u. Alterthumsk., Jahrg. 30, 1865.
- . Pfahlbauten von Russow bei Roggow. — Jahrb. Ver. meklenb. Geschichte u. Alterthumsk., Jahrg. 31, 1866.
- . Pfahlbau von Wismar. — Jahrb. Ver. meklenb. Geschichte u. Alterthumsk., Jahrg. 32, 1867.
- LÖNS, H. Die Wirbeltiere der Lüneburger Heide. — Jahresh. naturw. Ver. f. d. Fürstentum Lüneburg, Bd 17, 1905—1907.
- LÖWIS, O. von. Die Reptilien Kur-, Liv- und Estlands. Riga 1884.
- LÜHE, M. Die Verbreitung der Sumpfschildkröte in Ostpreussen. — Schr. der Physik.-ökonom. Ges. zu Königsberg, Jahrg. 50, 1909.
- . Weitere Mitteilungen über die Sumpfschildkröte. — Schr. d. Physik.-ökonom. Ges. zu Königsberg, Jahrg. 53, 1912.
- LYDEKKER, R. Catalogue of the fossil Reptilia and Amphibia in the British Museum. Part. III Chelonia. London 1889.
- MARGGRAF, M. Observations sur la tortue de ce pays. Berlin 1772. — Nouv. Mém. Acad. Sc. et Belles-lettres 1770.
- MARSIGLI, A. F. Danubius Pannonico-Mysicus, observationibus geographicis etc. Tom. IV. Hagæ Comitum, Amstelodami 1726.
- MENZEL, H. Die geologische Entwicklungsgeschichte der älteren Postglazialzeit im nördlichen Europa und ihre Beziehung zur Prähistorie. — Zeitschr. für Ethnologie, Jahrg. 46, 1914.
- MEYER, H. von. Die Torfgebilde von Enkheim und Dürrheim etc. — Museum Senckenbergianum, Bd 2, 1837.
- . Individuelle Abweichungen bei *Testudo antiqua* und *Emys europaea*. — Palaeontographica, Bd 15, 1865—1868.
- MIRAM, E. Beiträge zur Naturgeschichte der Sumpf-Schildkröte (*Emys europaea*). — Bull. Soc. Imp. Nat. de Moscou, Tome XXX, 1857, 2. Partie.
- MOBERG, J. C. Beskrifning till kartbladet Sandhammaren. Stockholm 1895. — Sv. Geol. Unders., Ser. Aa, N:o 110.
- MONTelius, O. Sveriges forntid. Atlas. Svenska fornsaker. Stockholm 1872.
- MUNTHE, H. De yngsta skedena af jordens utvecklingshistoria med särskild hänsyn till Skandinavien och angränsande trakter. Upsala 1893.
- . Om fyndet af ett benredskap i *Ancylus* nära Norsholm i Östergötland. — Öfvers. af K. Sv. Vet.-Ak. Förh., Årg. 52, 1895, N:o 3.
- . och HEDSTRÖM, H. Beskrifning till kartbladet Mönsterås och Högby. Stockholm 1904. — Sv. Geol. Unders., Ser. Ac, Nr 8.
- NATHORST, A. G. Sveriges geologi. Stockholm 1894.
- NEHRING, A. Ueber Wirbelthier-Reste von Klinge. — N. Jahrb. f. Min. etc., Jahrg. 1895, Bd 1.
- NEWTON, A. On the discovery of ancient remains of *Emys lutaria* in Norfolk. — Ann. a. Mag. Nat. Hist., Ser. III, Vol. X, 1862.
- NEWTON, E. F. Note on some fossil remains of *Emys lutaria* from the Norfolk Coast. — Geol. Mag., N. S., Dec. II, Vol. VI, 1879.

- NILSSON, S. Beskrifning öfver en i Skåne funnen fossil Sköldpadda etc. — K. Sv. Vet.-Ak. Handl. 1839.
- . Skandinavisk fauna. Del 3. Amfibierna. Lund 1842.
- . Skandinavisk fauna. Del 3. Amfibierna. 2:dra upplagan. Lund 1860.
- POHLIG, H. Meddel. å sammankomsten d. 3 Mars 1884. — Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn 1884.
- PRACH, F. K. Plazove a obojživelníci zerně české (= Landet Böhmens reptiler och amfibier). — Ziva, Årg. 1861.
- REINBERGER. Beobachtungen von Sumpfschildkröte und Nörz in Ostpreussen. — Schr. Physik.-ökonom. Ges. zu Königsberg, Jahrg. 51, 1910.
- ROLLINAT, R. Observations sur quelques reptiles du département de l'Indre etc. — Mém. Soc. Zool. de France, Tome XV, 1902.
- RÜTIMEYER, L. Die Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz. Basel 1861.
- SARAUW, GEORG F. L. En Stenalders Boplads i Maglemose ved Mullerup, sammenholdt med beslægtede Fund. — Aarb. Nord. Oldk. og Hist., Aarg. 1903.
- , Maglemose ein steinzeitlicher Wohnplatz im Moor bei Mullerup auf Seeland etc. — Praehist. Zeitschr., Bd 3, 1911.
- SCHARFF, R. F. European animals: their geological history and geographical distribution. London 1907.
- SCHMID, E. E. Ueber einen Menschen-Schädel aus dem Süsswasserkalke von Greussen in Thüringen. — Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., Bd 19, 1867.
- SCHMIDLE, W. Postglaciale Ablagerungen im nordwestlichen Bodenseegebiet. — N. Jahrb. f. Min. etc., Jahrg. 1910, Bd. 2.
- SCHMITZ, H. Das Vorkommen der europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis* L.) im unteren Maasgebiete. — Tijdschr. Nederl. Dierk. Ver., Ser. 2, Deel 8, Aflev. 2, 1903.
- SCHNEIDER, J. G. Allgemeine Naturgeschichte der Schildkröten. Leipzig 1783.
- SCHREIBER, E. Herpetologia europaea. 2. Aufl. Jena 1912.
- SCHUCHT, F. Die interglacialen Ablagerungen von Gadenstedt bei Zewen. — Aus der Heimath für die Heimath, N. F., Heft 1, 1908.
- SCHWENCKFELD, C. Theriotropheum Silesiæ. Lignicii 1603.
- SERNANDER, R. Om Ancylostidens människa och Tallperioden i södra Skandinavien. — Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., Bd 30, 1908.
- , De scanodaniska torfmossarnas stratigrafi. — Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., Bd 31, 1909.
- SIEGERT, L. und WEISSERMEI, W. Das Diluvium zwischen Halle a. S. und Weissenfels. Berlin 1911. — Abhandl. K. Pr. Geol. Landesanst. etc., N. F., Heft 60.
- SIEMSEN, A. C. Beiträge zur vaterländischen Thierkunde. — Mag. f. Naturk. u. Oekonom. Mecklenburgs, Bd 2, Schwerin u. Leipzig 1795.
- STARING, C. H. Specimen academicum inaugurale de Geologia patriae. Leyden 1833.
- STEENSTRUP, J. Meddelande å mötet d. 17 Nov. 1848. — Overs. K. Danske Vidensk. Selsk. Forhandl. 1848.
- . Meddelande å mötena d. 12 Jan., 9 Febr. och 21 Dec. 1855. — Overs. K. Danske Vidensk. Selsk. Forhandl. 1855.
- . Meddelande å mötet d. 16 Nov. 1860. — Vidensk. Meddel. fra den naturh. Foren. i Kjøbenhavn, Aarg. 1860.
- . Torvemosernes Bidrag til Kundskab om Danmarks forhistoriske Natur og Kultur. — Folkelæsning, Smaastykker, Bd 3, København 1870.
- STRAUCH, A. Die Vertheilung der Schildkröten über den Erdball. — Mém. Acad. Imp. Sc. Petersbourg, VII^e Sér., Tome VIII, 1865, N:o 13.
- STRUCK, C. Kleinere zoologische Mittheilungen. — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 13, 1859.
- . Ist die Flussschildkröte (*Cistudo lutaria* Strauch.) in Mecklenburg spontan oder nicht? — Arch. d. Ver. d. Freunde d. Naturg. in Mecklenburg, Jahrg. 31, 1877.
- STURM, J. Deutschlands Fauna in Abbildungen. Abtheil. 3. Die Amphibien. Heft 3. Nürnberg 1802.

- TIESLER, W. Die Reptilien und Batrachier der russischen Ostseeprovinzen. — Zoolog. Garten, Jahrg. 44, 1903.
- TOMASINI, O. VON. Skizzen aus dem Reptilienleben Bosniens und der Hercegovina. — Wissenschaft. Mitt. aus Bosnien u. Hercegovina, Bd 2, 1894.
- WAHNSCHAFTE, F. Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 3. Aufl. Berlin 1909.
- WEBER, C. A. Über die fossile Flora von Honerdingen und das nordwestdeutsche Diluvium. — Abhandl. Naturw. Ver. zu Bremen, Bd 13.
- WEISS, A. Das Pleistocän der Umgegend von Weimar. Hildburghausen 1910.
- WENZ, W. Die Conchylienfauna des alluvialen Moores von Seckbach bei Frankfurt a. M. — Nachrichtsbl. Deutsch. Malako-Zool. Ges., Jahrg. 43, 1911.
- WERNER, F. Die Reptilien und Amphibien von Kleinasien. — Sitzs.-ber. d. K. Akad. d. Wissenschaft. Wien, Bd CXI, Abt. 1.
- WESENBERG-LUND, C. Om Limnologiens Betydning for Kvartærgeologien, særlig med Hensyn til postglaciale Tidsbestemmelser og Temperaturangivelser. — Geol. Fören. i Stockholm Förh., Bd 31, 1909.
- WOLLEMAN, A. Die Fossilien der Kalktuffe des Elms und Lappwaldes. — 15. Jahresber. Ver. f. Naturwiss. zu Braunschweig f. 1905—1906 u. 1906—1907.
- WULF, J. C. Ichthyologia cum amphibiiis regni borussici. Regiomonti 1765.
- WÜST, E. Die pliozänen Ablagerungen des Travertingebietes der Gegend von Weimar und ihre Fossilienbestände in ihrer Bedeutung für die Beurteilung der Klimaschwankungen des Eiszeitalters. — Zeitschr. f. Naturwiss., Bd 82, 1910.
- ZIMMER, C. Das Vorkommen der europäischen Sumpfschildkröte in der preussischen Provinz Schlesien. — Zool. Ann., Bd 4, 1909.
-

Zusammenfassung.

Die ehemalige Verbreitung der Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis* LIN.) in Schweden, Dänemark und den angrenzenden Ländern.

Nebst einer allgemeinen Übersicht über die Fundorte der fossilen Sumpfschildkröte, die sich in den benachbarten Ländern und in angrenzenden Teilen des nordwestlichen Europas finden, gibt der Verfasser in dieser Abhandlung eine ausführliche Beschreibung der Fundorte Schwedens und Dänemarks, die hinsichtlich dort angetroffener Reste der Art von ihm untersucht worden sind. Von den gegenwärtig in Schweden bekannten 25 Fundstellen findet sich eine, die nördlichste, in der Provinz Östergötland unter c. $58^{\circ} 30'$ n. Br., eine auf der Insel Öland; die übrigen liegen in Schonen. In den Mooren dieser Provinz hat man für nicht weniger als funfzehn Funde die Schicht mit den Schildkrötenresten genau angeben können. In allen diesen Fällen stammen die Funde aus der Detritusgyttja (= Lefvertorf) her. In einer beigegebenen Übersichtstabelle sind alle Arten aufgenommen, deren fossile Reste in den beschriebenen emysführenden Schichten nachgewiesen wurden. Von Dänemark werden 37 Fundstellen erwähnt. Abgesehen von 3 Funden, die von den Kökkenmöddingen angeführt sind, stammen die übrigen von den Mooren her. Was die letzteren Funde anbelangt, so weiss man in der Regel nur, dass die Schildkröten beim Torfstechen in der unteren Schicht des Torfs (Vandtörv?) oder in der Nähe des Moorbodens angetroffen wurden.

Meine Untersuchungen, die mit Bezug auf verschiedene Fundumstände unternommen wurden, haben zum Ziel gehabt, mehrere dem ehemaligen Vorkommen der Schildkröte in Schweden und Dänemark nahe stehende, bisher wenig behandelte Fragen zu beantworten. Unsere erste Frage ist die: um welche Zeit ist die Sumpfschildkröte in Schweden und Dänemark eingewandert? Zufolge der Klimaverhältnisse während der spätglacialen Zeit ist es, nach den jetzigen Lebensumständen der Schildkröte zu urteilen, wenig wahrscheinlich, dass die Art schon zu dieser Zeit sich in den genannten Ländern fand. Während der Litorinazeit hat die damalige Verteilung von Land und Meer ganz sicher der Einwanderung der Schildkröte Hindernisse in den Weg gelegt. Nach allem scheint also nur eine Erklärung möglich, die nämlich, dass die Art während der Ancycluszeit eingewandert ist. Ein Beweis dafür, dass die Schildkröte zu dieser Zeit sich in Dänemark fand, geben uns die Funde von Baynemose (N:o 22), einem kleinen Moor, welches an der Westküste Seelands am Grossen

Belt (Kallundborgfjord) liegt. Das Moor, dessen Grund sich c. 2.5 M. unter dem Meeresspiegel befindet, ist von einem c. 1.8 M. darüber sich erhebenden Strandwall vom Meer abgegrenzt und steht unter dem ersteren in Verbindung mit dem submarinen Moor, das von der seichten Küste sich nach aussen weit hin erstreckt. Die Schichten des Moors bestehen hauptsächlich aus Torf. Unter diesen folgt Detritusgyttja, die reichlich mit Ton gemengt ist, darunter endlich ein kalkfreier, Süsswasserton. Sowohl der Torf als die Detritusgyttja enthält Reste von Eichen oder anderen Pflanzen, die für die Eichenzone charakteristisch sind. In sämtlichen Schichten des Strandwalls finden sich Schalreste von marinen Mollusken, in der untersten Schicht ebenfalls Süsswassermollusken. Folglich muss man teils annehmen, dass der Strandwall, welcher hier den Maximumstand des postglazialen Meeres angibt, dem Litorinagrenzwall entspricht, teils dass sämtliche darunter liegende der Eichenzone gehörenden Schichten während der mit der Festlandzeit Dänemarks zusammenfallenden Ancycluszeit gebildet worden sind. Da die Exemplare der Schildkröte, die im Moor angetroffen wurden, sich c. 1 M. unter dem Strandwall oder noch tiefer fanden, unterliegt es keinem Zweifel, dass die Art während der Ancycluszeit hier gelebt hat. Hinsichtlich des in den unteren Schichten des Moors nachgewiesenen Vorkommens der Reste von Pflanzen, die auf ein gemässigttes Klima deuten, darf man es als sicher annehmen, dass das hiesige Auftreten der Sumpfschildkröte in den späteren Teil der Ancycluszeit zu verlegen ist. Es fragt sich nun: hat sich unsere oben ausgesprochene Vermutung, dass die Schildkröte während der Ancycluszeit sich auch in Schweden fand, bestätigen lassen? Darauf können wir keine absolut sichere Antwort geben. Doch scheint uns der Umstand, dass Schonen während der genannten Periode in Landverbindung mit Seeland stand, jeden Zweifel in dieser Hinsicht zu beseitigen.

Unter anderen von Dänemark vorliegenden Funden, die das dortige Fortleben der Art beleuchten, ist derjenige aus dem Kökkenmödding bei Nivaa (N:o 3) zu erwähnen. Nach einer Angabe, die ich dem Herrn Inspektor H. WINGE verdanke, sind dort Reste von der Schildkröte zusammen mit Geräten nachgewiesen, welche in die ältere Kökkenmöddingzeit gehören, die bekanntlich am nächsten mit der Zeit des Maximumstandes des Litorinameers zusammenfällt. Von derselben Zeit schreibt sich wahrscheinlich auch die Schildkröte her, die nebst einer aus einem Hirschgeweih gearbeiteten Axt in dem Moor bei Sniberup in Schonen (N:r 21) angetroffen wurde.

Ein Fund, der auch verdient hervorgehoben zu werden, ist von dem auf Seeland belegenen Moor Maglemose (N:o 28) erwähnt. Es handelt sich hier um eine Platte einer Bauchschale. Nach der Angabe SARAUWS ist nicht ermittelt, in welcher Schicht die Platte lag. Trotzdem halte ich es, auf meine Beobachtungen der Moore Schonens gestützt, die eine auffallende Übereinstimmung mit denjenigen Seelands zeigen, für wahrscheinlicher, dass fragliche Schildkröte schon während der Bildung des »Vandtörv« sich im Moor fand, als dass sie erst nach dem Erscheinen des Waldes auf der trockengelegten Oberfläche des Moors sich aufgehalten hat.

Im vorigen Fall dürfte das Tier während der Transgressionsperiode des Litorinameeres hier gelebt haben, aus welcher Zeit der dortige Vandtörv nach den Untersuchungen SERNANDERS stammt.

Eine andere Frage ist die: zu welcher Zeit ist die Sumpfschildkröte in Schweden und Dänemark ausgestorben? Diese Frage ist gegenwärtig noch nicht zu beantworten. Dass die Art sich auf Langeland noch während der Ganggräberzeit fand, die mit einem späteren Abschnitt der Regressionsperiode des Litorinameeres zusammenfällt, geht aus dem Fund hervor, der von dem Kökkenmödding bei Troldebjerg (N:o 33) nachgewiesen ist. Auf Grund anderer Funde scheint es mir nicht ausgeschlossen zu sein, dass die Schildkröte noch nach dem Ende der Steinzeit sowohl in Schweden als in Dänemark fortgelebt hat. Ein Fingerzeig in dieser Richtung geben die Funde von Eegholm (N:o 13) auf Seeland, die von STEENSTRUP erwähnt sind. Diese Funde können nämlich so aufgefasst werden, als hätten die Schildkröte und verschiedene Haustiere zu gleicher Zeit dort gelebt. Eine Angabe von SVEN NILSSON könnte vielleicht auch so gedeutet werden, als ob die Art während der Bronzezeit sich noch in Schweden befunden habe.

Wir kommen schliesslich zu einer wichtigen Frage, die oft vorgebracht wurde, die aber bis jetzt noch unbeantwortet ist: Worin hat man die Ursache des Aussterbens der Sumpfschildkröte in Schweden und Dänemark zu suchen? Mehrere Forscher halten es zwar für wahrscheinlich, dass das Aussterben der Art seinen Grund in der postglacialen Klimaverschlechterung hat, die Frage ist aber nie eingehend behandelt worden. Die Untersuchungen des Verfassers führen ihn mit aller Entschiedenheit zu dem Resultat, dass das Verschwinden der Art aus der skandinavischen Fauna keine direkte Folge der stattgefundenen Temperaturabnahme sein kann. Die frühere Ansicht, dass die Art infolge niedriger Wintertemperaturen ausstarb, muss also aufgegeben werden. Dagegen lässt es sich aus mehreren Umständen vermuten, dass genannte Frage am nächsten in Zusammenhang mit der Fortpflanzung der Art steht. Auf Grund eines dieser Umstände, dessen nämlich, dass die Periode der Fortentwicklung der Eier mit den Sommer- und Herbstmonaten zusammenfällt, deren Mitteltemperaturen eine bedeutende Erniedrigung zeigen, scheint es, als wären die Sommer- und Herbsttemperaturen zu niedrig gewesen um die Eier zur Reife zu bringen. Für die gegebene Erklärung spricht auch, dass die jetzigen Mitteltemperaturen sämtlicher Monate des Sommers und des Herbstes bedeutend niedriger sind, als die ihnen entsprechenden Mitteltemperaturen der am nächsten gelegenen Länder, worin die Art noch fortlebt. Für die Beantwortung der Frage ist eine sichere Schätzung der Grösse der in Schweden und Dänemark stattgefundenen Temperaturabnahme nötig. In dieser Hinsicht ist man ausschliesslich auf die Resultate hingewiesen, zu denen EKHOLM durch seine theoretischen Untersuchungen gekommen ist. Nach seiner auf astronomische Gründe gestützten Schätzung sollen nämlich während derjenigen Periode der postglazialen Zeit, wo die klimatischen Verhältnisse in Schweden und Dänemark am günstigsten waren — d. h. vor 9100 Jahren — die dortigen Mitteltemperaturen für Mai-September

um 1.7° , 1.9° , 1.7° , 1.2° , 0.3° höher und für Oktober um 0.7 niedriger als die jetzige gewesen sein. In Schonen und den Teilen von Östergötland, Öland und Dänemark, die zum ehemaligen Verbreitungsgebiet der Schildkröte gehören, sollten sich also die Mitteltemperaturen der genannten Monate so gestellt haben wie die erste Tabelle auf S. zeigt. Die entsprechenden Mitteltemperaturen der nördlichsten deutschen Fundorte, wo man aus guten Gründen annehmen kann, dass die Art sich noch fortpflanzt, sind in der zweiten Tabelle auf derselben Seite angegeben. Werden die mit Hilfe der Ziffern EKHOLMS berechneten dänischen Mitteltemperaturen mit den deutschen zusammen gestellt, so ergibt sich, dass die vorigen fast niemals niedriger sind als die letzteren, dieselben aber in mehreren Fälle übersteigen. Im Vergleich mit den Mitteltemperaturen der deutschen Fundorte zeigen diejenigen Schonens und Ölands ebenfalls eine grosse Übereinstimmung bezüglich sämtlicher Monate, die Mitteltemperaturen Östergötlands aber niedrigere Ziffern für September—Oktober. Der letztere Umstand ist doch, wie GUNNAR ANDERSSON in einem ähnlichen Fall nachgewiesen hat, von keiner Bedeutung. Die oben vorgebrachten Thatsachen führen uns also unbedingt zu dem Schluss, *dass man die Hauptursache des Aussterbens der Sumpfschildkröte in Schweden und Dänemark in dem Hindernisse zu suchen hat, das die postglaciale Wärmeabnahme der Fortentwicklung der Eier in den Weg gelegt hat.* Die gleiche Erklärung lässt sich wahrscheinlich auch geben für das Aussterben der Art in verschiedenen an die Ostsee grenzenden Teilen Deutschlands.

Betreffs der beigegeführten Karte muss hervorgehoben werden, dass die rote Grenzlinie nur annähernd die Grenzen des jetzigen Verbreitungsgebiets der Sumpfschildkröte gegen Norden angibt. In Frankreich, Italien und Österreich-Ungarn ist die Grenze hauptsächlich nach SCHARFF's Karte eingezeichnet. Dem jetzigen Verbreitungsgebiete sind doch nicht zugerechnet die Schweiz und Mähren, wo das sichere Vorkommen der Art *als Relikt* sich nicht bestätigen lässt. Für das östliche Russland sind ausschliesslich die Angaben von DÜRIGEN benutzt; im westlichen Russland dagegen ist die Nordgrenze, da es Zweifeln unterliegt, ob die Art im nordwestlichen Litthauen und Kurland noch fortlebt, beträchtlich südlicher gezogen als die genannten Autoren es angegeben haben. Was aber schliesslich die Lage der Nordgrenze in Deutschland betrifft, so habe ich diese nach den längst im Norden gelegenen Fundorten eingezeichnet, wo man aus guten Gründen annehmen kann, dass die Art noch als Relikt fortlebt.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

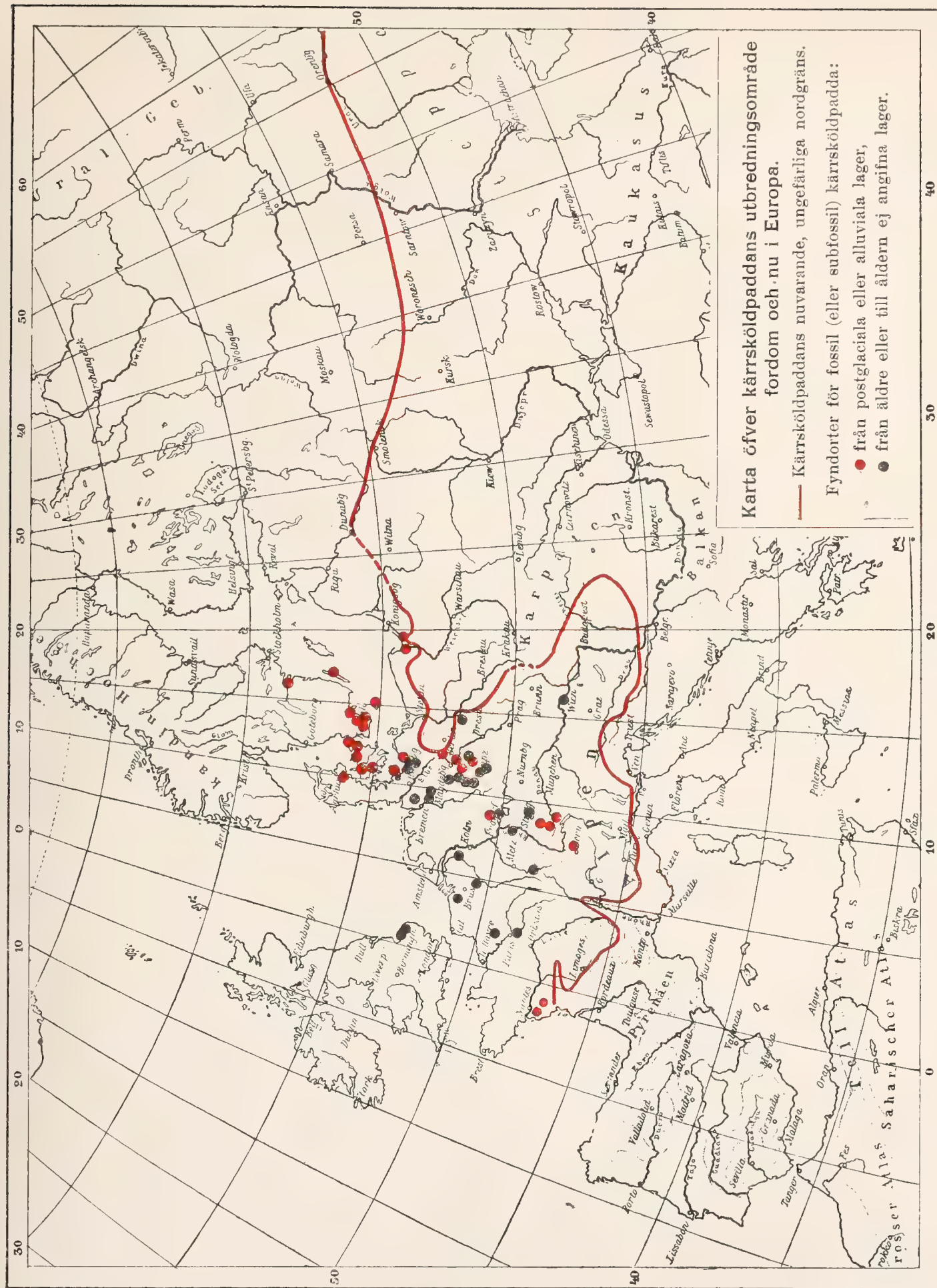
| | Sid. |
|---|------|
| Förord | 3 |
| Nuvarande utbredning | 5 |
| Vistelseort, lefnadssätt och fortplantning | 13 |
| Fyndorter för fossil kärrsköldpadda | 16 |
| A. Nordvästra Europa | 16 |
| B. Tyskland | 17 |
| C. Danmark | 24 |
| D. Sverige | 40 |
| Öfversikt af faunan och floran inom de sköldpaddförande lagren på de viktigaste skånska fyndorterna | 104 |
| Allmän öfversikt och slutsatser | 109 |
| Litteraturförteckning | 120 |
| Zusammenfassung in deutscher Sprache | 125 |

Rättelse.

På grund af den under sista bearbetningen af sköldpaddmaterialet pågående flyttningen af zoologiska institutionen i Lund ha de exemplaret från Öbjersmossen tillhörande skaln, n:o 505 och n:o 506, förväxlats med tvenne under n:o 757 och n:o 760 upptagna skal, hvilka ej hafva annan ursprungsbeteckning, än att de föreskrifva sig från Skånes torfmossar. I den tabell, som angifver sköldpaddskalens längd- och breddmått, ha därigenom de mått, som afse n:o 757 och n:o 760, kommit att hänföras till n:o 505 och n:o 506. Dessa senares mått äro följande:

Ryggskalet, längd: 19.0 cm., bredd: 15.9 cm

Buckskalet, längd: 18.5 cm., bredd: 11.9 cm.



Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund sammanträden under arbetsåret 1916—1917.

1916, d. 11 oktober.

Herr BORELIUS höll föredrag: »Modern lungkirurgi, en öfversikt».

Herr WALLENGREN redogjorde för undersökningarna i Öresund under närmast föregående sommar med Sällskapet's undersökningsbåt Sven Nilsson.

Herr WALLENGREN höll föredrag: »Om vissa i Öresund förekommande mindre väl bekanta infusorier».

Herr THUNBERG höll föredrag: »Jästsvamparnas andning under inverkan av organiska syror samt socker vid optimal syrgasförsörjning».

1916, d. 15 november.

Herr BROMAN höll föredrag: »Om gnagarnas näskörtlar och deras utveckling samt om Jacobsonska organets konstruktion».

Herr CARLGREN höll föredrag: »Om könsorganens s. k. näringsapparat hos Anthozoa».

Herr CARLGREN höll föredrag: »Om dissogoni hos Actinielarver».

Herr BANG höll föredrag: »Om mikrometoder till blodundersökningar och deras praktiska användning».

1916, d. 2 december. Sällskapet's årshögtid.

Sekreteraren herr FÜRST avgav berättelse om Sällskapet's verksamhet under det förflutna året.

Ordföranden herr WALLENGREN höll föredrag: »Om instinkten».

Sällskapet's minnesmedalj i guld utdelades till professor NIELS NÖRLUND.

1917, d. 17 januari.

Herr FÜRST höll föredrag: »Om skeletten i Magnus Ladulås' grafkammare».

Herr BENGTTSSON höll föredrag: »De svenska Caenis-formerna».

Herr CHARLIER refererade en avhandling av fil. lic. Axel Jönsson: »Die Rotation des Mondes». (Tryckt i Sällskapet's Handlingar Bd 28 Nr 3.)

Herr WEIBULL höll föredrag: »Om jodhalten i svensk tång».

1917, d. 14 februari.

Herr CHARLIER höll föredrag: »Om stjärnfamiljer och kometer».

Herr MURBECK refererade en avhandling av fil. lic. Georg Böös: »Parthenogenesis innerhalb der Gruppe Aphanes der Gattung Alchemilla nebst einigen im Zusammenhang damit stehenden Fragen». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 28 Nr 4.)

Herr OVERTON höll föredrag: »Några bidrag till narkoslära». .

1917, d. 14 mars.

Herr PETRÉN höll föredrag: »Till frågan om syfilitisk eller mercuriel polyneurit». (Tryckt under titeln »Sur la question de la polynévrite syphilitique ou mercurielle» i Sällskapets Handlingar Bd 29 Nr 9.)

Herr BROMAN höll föredrag: »Om en endokrin körtel i nosen på vissa trögdjur».

Herr BROMAN höll föredrag: »Myrmecophaga's parotis — en överläppskörtel».

Herr CHARLIER höll föredrag och redogjorde för innehållet i sin avhandling »Statistical Mechanics based on the Law of Newton». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 28 Nr 5.)

Herr NÖRLUND höll föredrag: »Om differensekvationer». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 29 Nr 15).

Herr NILSSON-EHLE refererade en avhandling av docent John Frödin: »Über das Verhältniss zwischen Vegetation und Erdfließen in den alpinen Regionen des schwedischen Lappland». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 29 Nr 24.)

Herr NILSSON-EHLE refererade en avhandling av docent Henrik Lundegårdh: »Die Ursachen der Plagiostomie der Nebenwurzeln». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 29 Nr 27.)

Herr WALLENGREN refererade avhandlingar av docent Lännart Ribbing: »Die Becken- und Oberschenkelmuskulatur der Landwirbeltiere. I. Amphibien». (Antagen till införande i Sällskapets Handlingar.)

Herr WALLENGREN refererade avhandlingar av docent Lännart Ribbing: »Kleinere Muskelstudien. VI. Eine eigentümliche Muskelvariation bei Bufo. — VII. Hat Notoryctes eine Fibulaschaukel? — IX. Der Ursprung des Sesamstücks des inneren Gastrocnemiuskopfes». (Tryckta i Sällskapets Handlingar Bd 28 Nr 7.)

1917, d. 11 april.

Herr BRODÉN höll föredrag: »Ist das sogenannte Continuumproblem überhaupt mit endlichen Mitteln lösbar?» (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 28 Nr 8.)

Herr WALLENGREN refererade avhandlingar av docent Lännart Ribbing: »Kleinere Muskelstudien. VIII. Beiträge zur Kenntnis der Muskulatur von Chrysothrix sciurea und Ateles ater. (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 28 Nr 7.) — X. Die distale Extremitätenmuskulatur und deren Innervation bei Megalophrys montana und Hyla viridis». (Antagen till införande i Sällskapets Handlingar.)

Herr WALLENGREN refererade en avhandling av friherre Clas Kurck: »Den forntida utbredningen af kärrsköldpaddan (Emys orbicularis Lin.) i Sverige,

Danmark och angränsande länder». (Tryckt i Sällskapets Handlingar Bd 28 Nr 9.)

Herr CARLGREN höll föredrag : »De fossila korallernas förhållande till de nu levande».

Under Fysiografiska Sällskapets arbetsår 1916—1917 hava fungerat såsom:

Ordförande professor HANS WALLENGREN.

Sekreterare professor CARL M. FÜRST.

Skattmästare professor GUSTAF AHLSTRÖM.

Redaktör för Sällskapets Handlingar professor HANS WALLENGREN.

of Monograptus, by *S. L. Törnquist*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1906—07. — **Bd 19**. Ueber kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren, von *B. Lidforss*. Om några föreningar mellan etyltioglykolsyra och kuprosalter, af *L. Ramberg*. Weitere Beiträge zur Kenntnis der Psychrolinie, von *B. Lidforss*. Ueber die Bewegung der Bahnebenen der Satelliten in unserem Planetensystem, von *C. V. L. Charlier*. Untersuchungen von elektrischen Schwingungen dritter Art in einem Lichtbogen, von *M. Siegbahn*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1907—08. — **Bd 20**. Om Fyledalens gotlandium, af *J. Chr. Moberg* och *K. A. Grönwall*. Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen, von *H. Nilsson-Ehle*. Studier öfver Dictyograpthuskiffern och dess gränslager med särskild hänsyn till i Skåne förekommande bildningar, af *A. H. Westergård*. Beiträge zur Kenntnis der paläarktischen Ephemeriden, von *S. Bengtsson*. Die Unterschenkel- und Fussmuskulatur der Tetrapoden und ihr Verhalten zu der entsprechenden Arm- und Handmuskulatur, von *L. Ribbing*. Undersökning av tenn-silverlegeringarnas elektriska egenskaper. Termoelektrisk kraft och ledningsmotståndets temperaturkoefficient, af *E. Björnsson*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1908—09. — **Bd 21**. Bidrag till mag- och duodenalsårets kirurgi, af *G. Petré*. Index to N. P. Angelin's Palæontologia Scandinavica, with notes, by *A. H. Westergård*. Morphologisch-systematische Bemerkungen über *Ergasilus Sieboldii* Nordm., von *T. Freidenfelt*. Zur Kenntnis der parasitischen Schnecken, von *N. Rosén*. Arvid Henrik Flormans bref till Anders Retzius, af *C. M. Fürst*. Der Musculus Protractor Hyoidei (*Geniohyoideus* anett.) und der Senkungsmechanismus des Unterkiefers bei den Knochenfischen, von *O. Holmqvist*. Beitrag zur Frage: Welches Keimblatt bildet das Skelett der Wirbeltiere? von *N. Rosén*. Kleinere Muskelstudien. I—II, von *L. Ribbing*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1909—10. — **Bd 22**. Några variationsformler inom integralekvationernas teori, af *Henrik Block*. Magnetische Feldmessung, von *Manne Siegbahn*. Extension de la méthode de Laplace aux équations

$$\sum_{i=0}^{n-1} A_{ii}(x, y) \frac{\partial^{i+1} z}{\partial x \partial y^i} + \sum_{i=0}^n A_{0i}(x, y) \frac{\partial^{i+1} z}{\partial y^i} = 0, \text{ par Louise Petré.}$$

Die Lagrange'sche Gleichung im Bahnbestimmungsproblem, von *C. V. L. Charlier*. Contributions to the Fauna of the Bahamas I—III, by *Nils Rosén*. Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen, von *H. Nilsson-Ehle*. Studien in der von den NN. Trigeminus und Facialis innervierten Muskulatur der Knochenfische. I—II, von *Otto Holmqvist*. Eine neue Methode zur Zuckerbestimmung, von *Ivar Bang*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1910—11. — **Bd 23**. Temperatur- und Gasgehaltsuntersuchungen im See Ören, von *T. Freidenfelt*. Studies in Stellar Statistics. I. Constitution of the Milky Way. First Memoir, by *C. V. L. Charlier*. Kleinere Muskelstudien. III, von *L. Ribbing* und *K. Hermansson*. Studies in Stellar Statistics. II. The Motion of the Stars, by *C. V. L. Charlier*. Kemisk undersökning av Malmö stads vattenfattning vid Torrerberga, av *Ludvig Ramberg*. Quelques mesures anthropologiques, prises sur 54 jeunes Islandais, par *L. Ribbing*. Einige Anwendungen diskontinuierlicher Integrale auf Fragen der Differenzenrechnung, von *T. Brodén*. Kleinere Muskelstudien. IV, von *L. Ribbing*. Beobachtungen über den Einfluss der Pflanzendecke auf die Bodentemperatur, von *John Frödin*. Kleinere Muskelstudien. V, von *L. Ribbing*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1911—12. — **Bd 24**. Bidrag till kännedom om uppkomsten af cystanjurar, af *J. Forssman*. Den flegmonösa enteriten i duodenum och början av jejunum, av *Einar Sjövall* och *Gunnar Frising*. Om de anormala njurkärlets betydelse för uppkomst och utveckling af hydronefros, af *J. Borelius*. Trepanerade svenska kranier från äldre tid, af *Carl M. Fürst*. Undersökningar över autoxidabla substanser och autoxidabla system av fysiologiskt intresse, av *T. Thunberg*. Studier öfver obturerande lungembo liksom postoperativ dödsorsak, af *Gustaf Petré*. Studier över einige Wirkungen der Saponine, von *E. Overton*. Über die Ergebnisse der internen Behandlung von *Ulcus ventriculi* (sive duodeni) mit Stauungsinsuffizienz, von *K. Petré*, *K. Lewenhagen*, *I. Thorling*. Ein Verfahren zur Mitrobestimmung, von *Blutbestandteilen*, von *Ivar Bang*. Bidrag till kännedom om den förtidiga placentalavlösningens patologi, av *Elis Essen-Möller*. Några iakttagelser af lokala flyktiga ödem, af *Kj. O. af Klercker*. Über die Entwicklung der orbitalen Drüsen bei *Pygoscelis papua*, von *Fritz Ask*. Fall av dermoidcysta i orbita, av *G. Ahlström*. Über die Entstehung des Septum pericardiaco-peritoneale, des Ligamentum falciforme hepatis und der Lebersegmentierung bei den Gymnophionen, von *Ivar Broman*. Undre dicellograpthuskiffern i Skåne jämte några därmed ekvivalenta bildningar, af *Assar Hadding*. Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. I, von *Hans Wallengren*. Biologisch-faunistische Untersuchungen aus dem Öresund. I, von *Wilhelm Björck*. Untersuchungen über das System der Grundstoffe, von *J. R. Rydberg*. A survey of the Phytogeography of the Arctic American Archipelago, by *Herman G. Simmons*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1912—13. — **Bd 25**. The Distribution of the Stars to the Eleventh Magnitude, by *Hans Henie*. De isomera formerna av platoetylthioglykolat och deras derivat, av *Ludvig Ramberg*. Variationen der Nn. mandibularis trigemini und mandibularis externus facialis bei *Gadus callarias* sowie ihre wahrscheinliche Bedeutung, von *Otto Holmqvist*. Physiologische biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. II, von *Hans Wallengren*. Zur Kenntnis der Spinnröhren der Araneina, von *Björn Johansson*. Spaltöffnungsstudien bei schwedischen Sumpfpflanzen, von *H. Nilsson-Ehle*. Über die Zwischen-sehnen oder Myocommata in dem Musculus protractor hyoidei der Knochenfische, von *Otto Holmqvist*. Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. III, von *Hans Wallengren*. Om stamkrökningars orienterande inflytande på anläggningen af birötter. Studier öfver morphaesthesia, af *Otto Gertz*. The Motion and Distribution of the Sun-spots, by *A. O. Åkesson*. Studier öfver ansiktsprofilens förhållande till kranieprofilen, af *Victor Berglund*. Beiträge zur Kenntnis der Linienspektren, von *Emil Paulson*. Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. IV, von *Elsa Kreuger*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1913—14. — **Bd 26**. Om svenska silurcirripeder, av *Joh. Chr. Moberg*. Klorhydrinernas alkaliska sönderdelning, av *L. Smith*. Über die Baumechanik bei Änderungen im Zahlenverhältnis der Blüte, av *Sv. Murbeck*. Der mittlere Dicellograptus-Schiefer auf Bornholm, av *Assar Hadding*. Undersökning av gränspotentialer, av *Gudmund Borelius*. Skånes Colonusskiffer, av *J. E. Hede*. Biologisk-faunistiska undersökningar av Öresund. II. Crustacea, Malacostraca och Pantopoda, av *Wilhelm Björck*. Zur Morphologie und Systematik der Gattung *Alchemilla*, von *Sv. Murbeck*. The general characteristics of the frequency function of stellar movements as derived from the proper motions of the stars, by *Sven Wicksell*. Stellar velocity distribution as derived from observations in the line of sight, by *Walter Gyllenberg*. Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. V. Die Zusammensetzung der Luft der grossen Tracheenstämme bei den Aeschnalarven, von *Hans Wallengren*. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1914—1915. — **Bd 27**. Die Spaltungerscheinungen der *Oenothera Lamarckiana*, av *N. Heribert-Nilsson*. Ljusretning och fotelektriskt svar i deras kvantitativa samband, af *A. Westerlund*. Über das Auflösen der Korrespondenzen von dem dritten und viertem Grade nach einem Primzahlmodulus, von *A. Arwin*. Studier över trådlila protoplasmabildningar i växtcellerna, av *Åke Åkerman*. Anthocyan als mikrochemisches Reagenz, von *Otto Gertz*. Über die Organisation, Biologie und verwandtschaftlichen Beziehungen der Neuradoideen, von *Sv. Murbeck*. Om bärnstensyrans vitala oxidation, av *A. Westerlund*. Några enkla, alifatiska β -laktoner, av *Hjalmar Johansson*. Untersuchungen über die Hochfrequenzspektren (*L-Reihe*) der Elemente, von *Einar Friman*. Biologisch-faunistische Untersuchungen aus dem Öresund. III, von *And. Eliason*. Über die Geschwindigkeitsverluste bei den langsamen Kathodenstrahlen und deren selektive Absorption, von *Nils Åkesson*. Untersuchungen über septierte Thyllen, von *Otto Gertz*. Studier öfver tuberkulos i lungorna hos barn i åldern 5—13 år, af *Victor Berglund*. Studier över de postoperativa cholämiska blödningsarna och över blodkoagulationen vid ikterus, af *Gustaf Petré*. Fysiografiska sällskapets sammanträden 1915—1916.

Lunds Universitets Årsskrift. N. F. Avd. 2. Bd 13.

K. Fysiografiska Sällskapets Handlingar. N. F. Bd 28.

Pris kr. 22:00.

Innehåll:

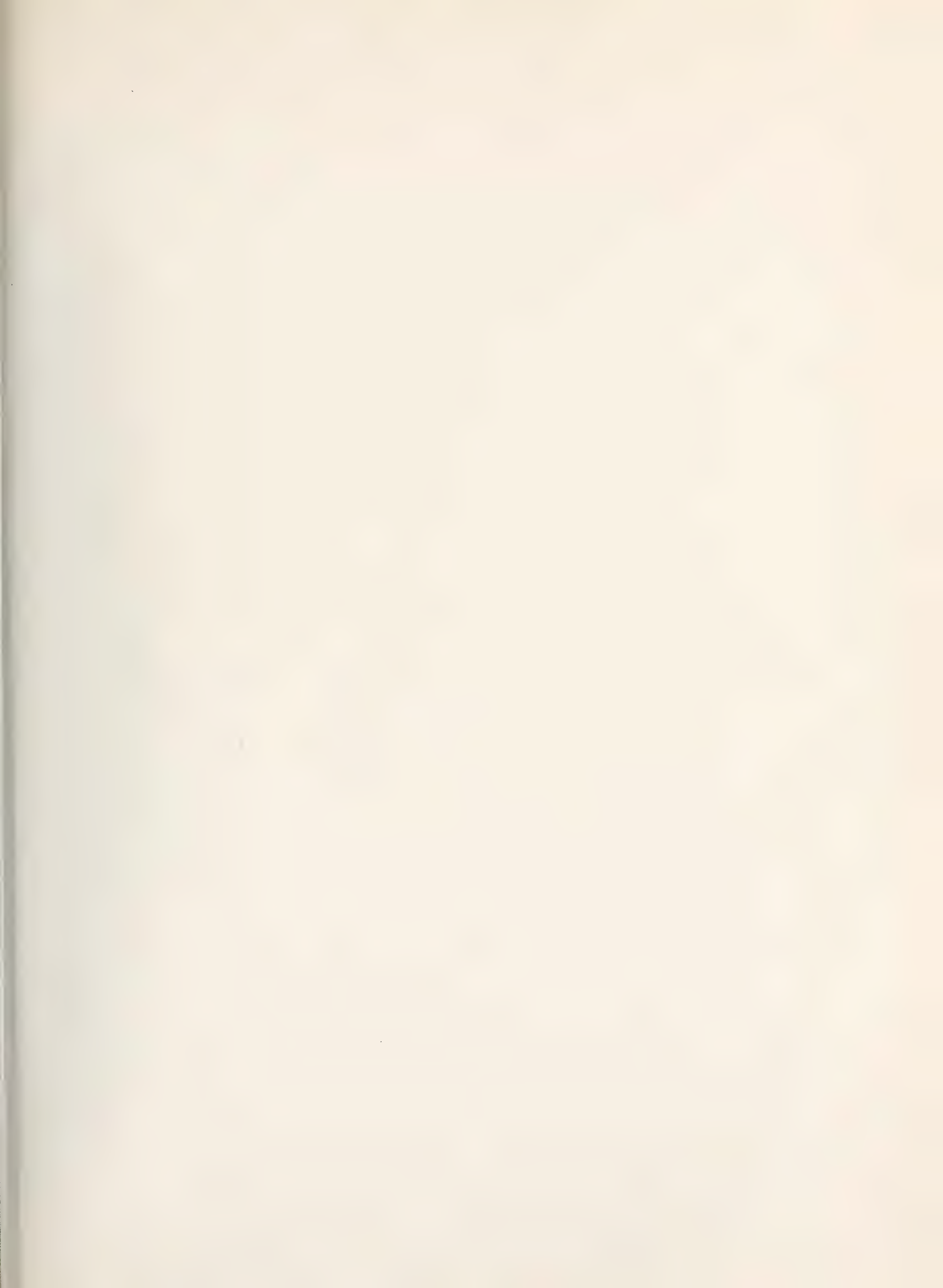
1. HADDING, ASSAR, Iakttagelser över melafyrerna i Tolångatrakten. (Pris 4:00.)
2. FRÖDIN, JOHN, Studier över skogsgränserna i norra delen av Lule Lappmark. (Pris 4:00.)
3. JÖNSSON, AXEL, Über die Rotation des Mondes. (Pris 2:00.)
4. BÖÖS, GEORG, Über Parthenogenesis in der Gruppe Aphanes der Gattung Alchemilla nebst einigen im Zusammenhang damit stehenden Fragen. (Pris 2:00.)
5. CHARLIER, C. V. L., Statistical Mechanics based on the Law of Newton. (Pris 5:00.)
6. LUNDEGÅRDH, HENRIK, Die Ursachen der Plagiotropie und die Reizbewegungen der Nebenwurzeln. I. (Pris 4:00.)
7. RIBBING, L. Kleinere Muskelstudien. VI—X. (Pris 2:00.)
8. BRODÉN, T., Ist das sogenannte Continuumproblem überhaupt mit endlichen Mitteln lösbar? (Pris 1:00.)
9. KURCK, C., Den forntida utbredningen af kärrsköldpaddan, *Emys orbicularis* (Lin.), i Sverige, Danmark och angränsande länder. (Pris 6:00.)

-
10. Fysiografiska Sällskapets sammanträden 1916—1917.

De närmast föregående bandens innehåll: se omslagets 2 och 3 sida.

Varje avhandling säljes särskilt.

I bokhandeln finnes att tillgå: Innehållsförteckning, systematisk öfversikt och författareregister till Lunds Universitets Årsskrift, Tom. 1—40. Utarbetade af *P. Sjöbeck*. Lund, C. W. K. Gleerup, 1906. Pris 1 krona.









SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01357 4561